

ABSTRACT AND REFERENCES

ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.243143
IMPROVEMENT OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY AND EFFICIENCY OF POWER SUPPLY CIRCUITS OF ELECTRIC ARC FURNACES IN NONLINEAR ASYMMETRIC MODES (p. 6–16)

Volodymyr Turkovskiy

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1869-8139>

Anton Malinovskyi

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9765-3494>

Andrii Muzychak

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6330-1076>

Olexandr Turkovskiy

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1402-1588>

AC steel arc furnaces are the most powerful units connected to the electrical grid, the operating mode of which is dynamic, asymmetrical and nonlinear.

That is why these furnaces cause the entire possible range of negative effects on the quality of electricity in the grid, in particular, fluctuations, asymmetry and nonsinusoidal voltage.

Known proposals for improving the electromagnetic compatibility of electric arc furnaces are mainly focused on eliminating the consequences of their negative impact on the power grid.

The proposed approach and the corresponding technical solution are aimed at reducing the level of generation of a negative factor and at the same time reduce fluctuations, asymmetry and nonsinusoidal voltage. This result is obtained due to the fact that the proposed solution takes into account the peculiarities of the range of modes natural for arc furnaces. Optimal for such consumers is the use of a constant current power supply system $I=\text{const}$ in the range of modes from operational short circuit to maximum load and the system $U=\text{const}$ in the whole other range of modes. The implementation of such a system is carried out on the basis of a resonant converter «constant current – constant voltage».

Studies have found that the use of such a power supply system, in comparison with the traditional circuit, makes it possible to reduce the nonsinusoidal voltage in a lowpower grid from 3.2 % to 2.1 % and the unbalance coefficient from 3.66 to 1.35 %. Previously published data on a significant reduction in voltage fluctuations was also confirmed.

The positive effect of such a system on the energy performance of the furnace itself is shown, manifested in an increase in the arc power by 12.5 %, and the electrical efficiency by 5.1 %. This improves the productivity and efficiency of electric arc furnaces.

Keywords: arc furnace, arc model, nonsinusoidality, asymmetry, furnace productivity, efficiency.

References

- Salor, O., Gultekin, B., Buhan, S., Boyrazoglu, B., Inan, T., Atalik, T. et al. (2010). Electrical Power Quality of Iron and Steel Industry in Turkey. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 46 (1), 60–80. doi: <https://doi.org/10.1109/tia.2009.2036547>
- Łukasik, Z., Olczykowski, Z. (2020). Estimating the Impact of Arc Furnaces on the Quality of Power in Supply Systems. *Energies*, 13 (6), 1462. doi: <https://doi.org/10.3390/en13061462>
- Deaconu, S. I., Popa, G. N., Tihomir, L. (2010). Comparative Study for EAF's Reactive Energy Compensation Methods and Power Factor Improvement. *WSEAS Transactions on Systems*, 9 (9), 979–988. Available at: https://www.researchgate.net/publication/228399802_Comparative_study_for_EAF's_reactive_energy_compensation_methods_and_power_factor_improvement
- Pérez-Donsión, M., Jar Pereira, S., Soares Oliveira, F. T. (2019). Harmonics and Flicker in an Iron and Steel Industry with AC arc furnaces. *Renewable Energy and Power Quality Journal*, 17, 417–422. doi: <https://doi.org/10.24084/repqj17.329>
- Larsson, T., Poumarede, C. (1999). STATCOM, an efficient means for flicker mitigation. *IEEE Power Engineering Society. 1999 Winter Meeting (Cat. No.99CH36233)*. doi: <https://doi.org/10.1109/pesw.1999.747380>
- Parniani, M., Mokhtari, H., Hejri, M. (2002). Effects of dynamic reactive compensation in arc furnace operation characteristics and its economic benefits. *IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition*. doi: <https://doi.org/10.1109/tdc.2002.1177621>
- Varetsky, Y., Konoval, V., Hanzelka, Z. (2020). A Method of Evaluating FACTS Device Impact on Voltage Flicker in the EAF Supply System. *2020 12th International Conference and Exhibition on Electrical Power Quality and Utilisation- (EPQU)*. doi: <https://doi.org/10.1109/epqu50182.2020.9220317>
- Paranchuk, Ya., Paranchuk, R. (2016). Neural network system for continuous voltage monitoring in electric arc furnace. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2, 74–80. Available at: <http://nv.nmu.org.ua/index.php/en/component/jdownloads/finish/60-02/8475-2016-02-paranchuk/0>
- Ghiormez, L., Panoiu, M., Panoiu, C. (2013). Harmonics Analysis of the 3-Phase Electric Arc Furnace Using Models of the Electric Arc. *AWER- Procedia Information Technology & Computer Science*, 3, 424–430.
- Garcia-Segura, R., Vázquez Castillo, J., Martell-Chavez, F., Longoria-Gandara, O., Ortegón Aguilar, J. (2017). Electric Arc Furnace Modeling with Artificial Neural Networks and Arc Length with Variable Voltage Gradient. *Energies*, 10 (9), 1424. doi: <https://doi.org/10.3390/en10091424>
- O'Neill-Carrillo, E., Heydt, G. T., Kostelich, E. J., Venkata, S. S., Sundaram, A. (1999). Nonlinear deterministic modeling of highly varying loads. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 14 (2), 537–542. doi: <https://doi.org/10.1109/61.754100>
- Sidorets, V. N., Pentegov, I. V. (2013). *Determinirovanniy haos v nelineynykh tsepyah s elektricheskoy dugoy*. Kyiv: Mezhdunarodnaya assotsiatsiya «Svarka», 272. doi: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3777.4883>
- Pentegov, I. V. (1976). *Matematicheskaya model' stolba dinamicheskoy elektricheskoy dugi*. *Avtomaticheskaya svarka*, 6, 8–12. Available at: https://www.researchgate.net/profile/Igor-Pentegov/publication/320710346_Mathematical_Model_of_a_Column_of_a_Dynamic_Electric_Arc_Matematicheskaya_model_stolba_dinamicheskoy_elektricheskoy_dugi/links/59f6f7700f7e9b553ebd4753/Mathematical-Model-of-a-Column-of-a-Dynamic-Electric-Arc-Matematicheskaya-model-stolba-dinamicheskoy-elektricheskoy-dugi.pdf
- Savitski, A., Hal'tof, M. (2016). Problemy opredeleniya parametrov matematicheskikh modeley elektricheskikh dug v tsepyah s istochnikami toka. *Elektrichestvo*, 1, 25–34.
- Fomin, A. V. (2009). Construction of imitating model arc the steel-smelting furnace. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*, 3, 315–321.

16. Golestani, S., Samet, H. (2016). Generalised Cassie–Mayr electric arc furnace models. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 10 (13), 3364–3373. doi: <https://doi.org/10.1049/iet-gtd.2016.0405>
17. Kolagar, A. D., Pahlavani, M. R. A. (2021). Identification of Plasma Arc Model Parameters in an Electric Arc Furnace Plant via Measurement at the Secondary Side of the Transformer. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series B*, 102 (5), 1079–1089. doi: <https://doi.org/10.1007/s40031-021-00622-5>
18. Seker, M., Memmedov, A. (2017). An Experimental Approach for Understanding V-I Characteristic of Electric Arc Furnace Load. *Elektronika Ir Elektrotehnika*, 23 (3). doi: <https://doi.org/10.5755/j01.eie.23.3.18328>
19. Nikolaev, A. A. (2017). Development of an improved method for selecting the power of a static var compensator for electric arc furnaces. *Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University*, 15 (3), 74–94. doi: <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2017-15-3-74-94>
20. Volkov, I. V. (1974). *Sistemy neizmennogo toka na osnove induktivno-empkostnyh preobrazovateley*. Kyiv: Naukova dumka, 216.
21. Malinovskiy, A. A., Turkovskiy, V. H., Muzychak, A. Z., Turkovskiy, Y. V. (2019). Peculiarities of the reactive power flow in the arc furnace supply circuit with improved electromagnetic compatibility. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2, 79–86. doi: <https://doi.org/10.29202/nvngu/2019-2/10>
22. Turkovskiy, V., Malinovskiy, A., Muzychak, A., Turkovskiy, O. (2020). Using the constant current – constant voltage converters to effectively reduce voltage fluctuations in the power supply systems for electric arc furnaces. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (8 (108)), 54–63. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.219439>
23. Turkovskiy, V. G., Zhovniir, Yu. M. (2001). Obosnovanie effektivnosti primeneniya ustanovki stabilizatsii rezhima dugovoy staleplavil'noy pechi peremennogo toka. *Promyshlennaya energetika*, 5, 40–44.
24. Kibzun, A. I., Goryainova, E. R., Naumov, A. V., Sirotin, A. N. (2002). *Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika*. Moscow: Fizmatgiz, 202.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.240233

ANALYSIS OF LOSS ON SINGLE-PHASE DRY TRANSFORMERS WITH NON-LINEAR LOAD (p. 17–22)

Harrij Mukti Khristiana

Brawijaya University, Malang, Indonesia
State Polytechnic of Malang, Malang, Jawa-Timur, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9859-2881>

Sudjito Soeparman

Brawijaya University, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3490-7543>

Slamet Wahyudi

Brawijaya University, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4479-0895>

Rini Nur Hasanah

Brawijaya University, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6002-6558>

The paper studies power losses in transformers due to non-linear loads. The research aims to analyze the power loss in a single-phase dry transformer under a non-linear load. The research uses an SW43W Power supply type, FlukeView Power Quality Analyzer as a DC or AC power supply on the primary side of the transformer. The non-linear load is connected to the secondary side. The loading test of the dry transformer was carried out at non-linear loads. The load variations used 0 %; 12.5 %; 25 %; 37.5 %; 50 %; 62.5 %; 75 %; 87.5 % and 100 %, as well as variations in the THD value by adjusting the ignition angle (α).

The non-linear loads used are Half-Wave Rectifier and Controlled Half-Wave Rectifier with resistive loads with variations in THD values. The results showed that the transformer losses comprised $P_{no\ load}$ and P_{load} . The operation of the transformer with constant input voltage and frequency with $THD_v < 5\%$ resulted in a constant $P_{no\ load}$ value at all load values. The greater the percentage of the load, the higher the load. The increase in THD because of non-linear load will increase the load on the transformer. The value of the derating factor is obtained by connecting the increase in losses (ΔP_{Losses}), which is influenced by THD and the increase in temperature $T(^{\circ}C)$ in dry transformers. When the transformer is loaded with a non-linear load, the derating factor < 1 . THD and derating factor form a linear relationship, when THD increases, the derating factor value decreases. Linear load on the transformer causes a decrease in its capacity, but if it gets a non-linear load with $THD = 39.1\%$, it can withstand a load of 84.294 %, besides the increase in total harmonic distortion will increase losses and reduce transformer capacity.

Keywords: Dry Transformer, Single-Phase, Non-Linear Load, Loss, Derating factor, Total Harmonic Distortion.

References

1. Grady, M. (2012). Understanding Power System Harmonics. Available at: https://web.ecs.baylor.edu/faculty/grady/understanding_power_system_harmonics_grady_april_2012.pdf
2. Mehrdad, M., Stanek, E. K., Jannati, A. S. Influence of Voltage and Current Harmonics on Behavior of Electric Devices. Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.519.4171&rep=rep1&type=pdf>
3. Rexhepi, V. (2017). An Analysis of Power Transformer Outages and Reliability Monitoring. *Energy Procedia*, 141, 418–422. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.11.053>
4. Godina, R., Rodrigues, E., Matias, J., Catalão, J. (2015). Effect of Loads and Other Key Factors on Oil-Transformer Ageing: Sustainability Benefits and Challenges. *Energies*, 8 (10), 12147–12186. doi: <https://doi.org/10.3390/en81012147>
5. Sadati, S. B., Tahani, A., Darvishi, B., Dargahi, M., Yousefi, H. (2008). Comparison of distribution transformer losses and capacity under linear and harmonic loads. 2008 IEEE 2nd International Power and Energy Conference. doi: <https://doi.org/10.1109/pecon.2008.4762661>
6. Jayasinghe, R. N., Lucas, J. R., Perera, K. B. I. M. (2003). Power system harmonic effects on distribution transformers and new design considerations for K factor transformers. IEE Sri Lanka Annual Sessions.
7. EL Sebaay, A., Ramadan, M., Adma, M. A. A. (2017). Studying the Effect of Non-Linear Loads Harmonics on Electric Generator Power Rating Selection. *European Scientific Journal*, ESJ, 13 (18), 548. doi: <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n18p548>
8. Kim, J.-G., Kim, J.-M. (2017). A study on the current & load unbalance factor in using linear & nonlinear load. *The Transactions of The Korean Institute of Electrical Engineers*, 66 (8), 1291–1296. doi: <https://doi.org/10.5370/KIEE.2017.66.8.1291>
9. Dalila, M. S., Khalid, M. N., Md Shah, M. (2009). Distribution transformer losses evaluation under non-linear load. 2009 Australasian Universities Power Engineering Conference.
10. Azbar, N. M., Jaffal, H. M., Freegah, B. (2020). Enhancement of the Thermal Performance Characteristics of an Electrical Power Transformer. *Engineering Science & Technology*, 2 (1), 94–112. doi: <https://doi.org/10.37256/est.132020487>
11. Zynal, H. I., Yass, A. A. (2012). The Effect of Harmonic Distortion on a Three phase Transformer Losses. *Canadian Journal on Electrical and Electronics Engineering*, 3 (5), 255–261. Available at: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.408.5299&rep=rep1&type=pdf>
12. Singh, J., Singh, S., Singh, A. (2017). Effect of Harmonics on Distribution Transformer Losses and Capacity. *International Journal of*

Engineering Technology Science and Research, 4 (6), 48–55. Available at: http://www.ijetsr.com/images/short_pdf/1497277266_iet-ed683_ijetsr.pdf

13. Sajani, T. (2018). Design of the power feeding system for electrified railways case study: panadura- veyangoda railway sector. University of Moratuwa. Available at: <http://dl.lib.uom.lk/bitstream/handle/123/13427/Full-thesis.pdf?sequence=1>
14. Papechen, P., Sebastian, S. (2016). A New RS Based Encryption Scheme for Wireless Communication. International Journal of Innovative Research in Electrical, Electronics, Instrumentation and Control Engineering, 4 (6), 268–272. Available at: <https://www.ijireeice.com/upload/2016/june-16/IJIREEICE%2061.pdf>
15. Olivares-Galván, J. C., Georgilakis, P. S., Ocon-Valdez, R. (2009). A Review of Transformer Losses. Electric Power Components and Systems, 37 (9), 1046–1062. doi: <https://doi.org/10.1080/15325000902918990>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.243112

DETERMINATION OF FEATURES OF FORMATION OF ENERGY SUPPLY SYSTEMS WITH THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE TRANSITION PERIOD (p. 23–29)

Liliya Nakashydze

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3990-6718>

Volodimir Gabrinets

Dniprovsky National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Dnipro, Ukraine
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6115-7162>

Yurii Mitikov

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine
ORCID <http://orcid.org/0000-0002-4787-603X>

Sergey Alekseyenko

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0320-989X>

Iryna Liashenko

Dniprovsky National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Dnipro, Ukraine
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7816-2339>

An urgent scientific and practical problem is the formation of energy efficient systems for ensuring climatic conditions in premises based on the use of renewable energy sources. The work has improved the technical and methodological approach to the calculations of energy supply and storage systems when using energy-active fences. The special effectiveness of these fences has been shown in the transitional periods of the year, that is, in spring and autumn.

A mathematical model has been developed to reliably predict the process of ensuring temperature comfortable conditions (heat balance) when using nonparametric statistics methods. It will improve the quality of forecasting the effect of external air temperature during the transitional periods of the year. The temperature inside the room is taken into account in the presence of a multilayer energy-active fence.

To determine the approach to the use of heat in energy supply systems during the transition period, thermal parameters from the inner and outer sides of the building structure are considered. This makes it possible to take into account changes in the heat transfer of these structures when designing a power supply system and determining the optimal modes of its functioning in various natural conditions.

The function of energy-active fences associated with the generation of additional heat into the system, obtained through the conversion of solar radiation energy, is considered. To increase this generation, special multilayer designs of energy-active fencing have

been proposed. The proposed thermal modernization with the use of energy-active fences allows, on average, over the cold period of the year, to reduce energy consumption by 3.5 times for industrial and residential buildings.

Keywords: energetic fences, solar radiation, multilayer structures, energy conversion, thermal modernization, convection.

References

1. Mohammed, A. H., Tayşi, N., Nassani, D. E., Hussein, A. K. (2017). Finite element analysis and optimization of bonded post-tensioned concrete slabs. Cogent Engineering, 4 (1), 1341288. doi: <http://doi.org/10.1080/23311916.2017.1341288>
2. Habrinets, V. O., Nakashydze, L. V., Sokol, H. I., Marchenko, O. L., Hilorme, T. V. (2016). Formuvannia skhemnykh rishen systemy klimatyzatsii sporud v robochomu seredovyskhi alternatyvnykh dzherel enerhii. Dnipropetrovsk: DNU imeni Olesia Honchara, TOV „AKTsENT PP”, 152.
3. Habrinets, V. O., Nakashydze, L. V., Markov, V. L., Mytrokhov, S. O., Zarivniak, H. I. (2010). Osoblyvosti pobudovy enerhoaktyvnykh ohorodzen u skladi system enerhozabezpechennia na osnovi VDE. Vidnovliuvana enerhetyka, 3, 31–34.
4. Karabegović, I., Doleček, V. (2017). Development and Implementation of Renewable Energy Sources in the World and European Union. Contemporary materials, 2 (6), 130–148. Available at: <http://doisrpska.nub.rs/index.php/conterporarymaterials3-1/article/view/4070>
5. Aldwaik, M., Adeli, H. (2016). Cost optimization of reinforced concrete flat slabs of arbitrary configuration in irregular highrise building structures. Structural and Multidisciplinary Optimization, 54 (1), 151–164. doi: <http://doi.org/10.1007/s00158-016-1483-5>
6. Hauser, B. R., Wang, B. P. (2018). Optimal design of a parallel beam system with elastic supports to minimize flexural response to harmonic loading using a combined optimization algorithm. Structural and Multidisciplinary Optimization, 58 (4), 1453–1465. doi: <http://doi.org/10.1007/s00158-018-1973-8>
7. Nakashydze, L., Hilorme, T., Nakashydze, I. (2020). Substantiating the criteria of choosing project solutions for climate control systems based on renewable energy sources. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3 (3 (105)), 42–50. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.201527>
8. Gertis, K. (2007). Zdaniia XXI veka – zdanie s nulevym potrebleniem energii. Energoberezhenie, 3, 36–47.
9. Carbonell, D., Haller, M. Y., Philippen, D., Frank, E. (2014). Simulations of Combined Solar Thermal and Heat Pump Systems for Domestic Hot Water and Space Heating. Energy Procedia, 48, 524–534. doi: <http://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.02.062>
10. Oswald, D., Wichtler, A., König, N., Töpfer, K. P. (2001). Untersuchungen an einem hybriden Heizsystem im Einfamilienhaus Zaberfeld. Bauphysik, 23 (3), 156–163. doi: <http://doi.org/10.1002/bapi.200100860>
11. Xu, X., Wei, Z., Ji, Q., Wang, C., Gao, G. (2019). Global renewable energy development: Influencing factors, trend predictions and countermeasures. Resources Policy, 63, 101470. doi: <http://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101470>
12. Ghimire, L. P., Kim, Y. (2018). An analysis on barriers to renewable energy development in the context of Nepal using AHP. Renewable Energy, 129, 446–456. doi: <http://doi.org/10.1016/j.renene.2018.06.011>
13. Fokin, V. M., Boikov, V. M., Vidin, Iu. V. (2005). Osnovy energoberezhennia v voprosakh teploobmena. Moscow: «Izdatelstvo Mashinostroenie-1», 192.
14. Bogoslovskii, V. N., Skanavi, A. N. (1991). Otoplenie. Moscow: Stroizdat, 736.
15. Basok, B. I., Nakorchevskii, A. I. (2016). Teplofizika vlianiia solnechnogo izlucheniia na zdaniia. Kyiv: Naukova dumka, 426.

16. Fokin, K. F. (2006). *Stroitelnaia teplotekhnika ogradhdaiuschikh chastei zdanii*. Moscow: AVOK-PRESS, 258.
17. Nakashydzhe, L. V., Shevchenko, M. V., Habrinets, V. O. (2016). Pat. No. 109070 UA. Enerhoaktyvne ohorodzhennia MPK: F24G 2/50, E04B 1/76. No. u201601390. declared: 01.08.2016; published: 16.02.2016; Bul. No. 15.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.242440

DEVELOPMENT OF A MODEL OF THE OPTIMAL TEMPERATURE MODE OF THE MAIN GAS PIPELINE OPERATION (p. 30–37)

Mykhail Kologrivov

Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1959-8615>

Vitalii Buzovskyi

Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6718-5001>

The influence of the ambient air temperature on changes in the parameters and thermophysical characteristics of the gas pumped through the underground pipeline was investigated. This was done because there are no scientifically sound recommendations for the optimal gas temperature after coolers at the compressor station. The presence of the site of inversion of heat exchange between gas and soil – a change in the direction of heat exchange along the length of the gas pipeline was revealed. It was proved that the air temperature above the soil surface should be substituted into the formula for calculating the change in gas temperature along the length of the pipeline between compressor stations. This made it possible to determine quantitative changes in the thermophysical and hydraulic characteristics of the gas along the pipe length, in particular, the change in density, viscosity, heat capacity, flow regime. It is shown that the change in air temperature during the year leads to a change in the gas pressure at the end of the gas pipeline section up to 0.15 MPa. A change in air temperature by 10 °C leads to a change in gas temperature by approximately 5 °C. Analytical studies made it possible to develop practical recommendations for the power-saving operation of air coolers at compressor stations. It was determined that the optimum gas temperature at the cooler outlet will be the temperature at which the heat exchange inversion point along the length of the gas pipeline coincides with the location of the subsequent station. It is shown how to control gas cooling in air coolers. In particular, by shutting down one of several operating devices and changing the speed of the fan drive. The developed recommendations will make it possible to quickly regulate the temperature mode of the underground gas pipeline operation at optimal power consumption for the operation of the gas cooling system after gas compression.

Keywords: underground gas pipeline, gas temperature, ambient air, air cooler, power consumption.

References

1. Korshak, A. A., Nechval', A. M. (2008). *Proektirovanie i ekspluatatsiya gazonefteprovodov*. Sankt-Peterburg: Nedra, 488.
2. SOU 60.3-30019801-050:2008. *Pravyla tekhnichnoi ekspluatatsiyi mahistralnykh hazoprovodiv*. Kyiv: Ukrtranshaz, 197.
3. Keystone XL Project. APPENDIX S. Pipeline Temperature Effects Study (2013). Available at: <https://2012-keystonepipeline-xl.state.gov/documents/organization/205567.pdf>
4. Dong, H., Zhao, J., Zhao, W., Si, M., Liu, J. (2019). Study on the thermal characteristics of crude oil pipeline during its consecutive process from shutdown to restart. *Case Studies in Thermal Engineering*, 14, 100434. doi: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2019.100434>

5. Moiseev, B. V., Zemenkov, YU. D., Nalobin, N. V., Zemenkova, M. Yu., Dudin, S. M. (2016). *Metody teplovogo rascheta truboprovodov razlichnogo naznacheniya*. Tyumen': TIU, 183.
6. Lurye, M. V., Musailov, I. T. (2018). Peculiarities of gas transportation via the turkish stream gas pipeline. *Oil and Gas Territory*, 3, 42–50. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-rezhimov-transportirovki-gaza-po-gazoprovodu-turetskiy-potok>
7. STO Gazprom 2-3.5-051-2006. *Normy tehnologicheskogo proektirovaniya magistral'nykh gazoprovodov*. Izdanie oficial'noe. Moscow: ZAO «Izdatel'skiy Dom Poligrafiya», 205.
8. Kuczyński, S., Łaciak, M., Olijnyk, A., Szurlej, A., Włodek, T. (2019). Thermodynamic and Technical Issues of Hydrogen and Methane-Hydrogen Mixtures Pipeline Transmission. *Energies*, 12 (3), 569. doi: <https://doi.org/10.3390/en12030569>
9. Edalat, M., Mansoori, G. A. (1988). Buried Gas Transmission Pipelines: Temperature Profile Prediction through the Corresponding States Principle. *Energy Sources*, 10 (4), 247–252. doi: <https://doi.org/10.1080/00908318808908933>
10. Karyakina, E. D., Shammazov, I. A., Shalygin, A. V. (2021). Main aspects of liquefied natural gas process line thermal and hydraulic calculations. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 677 (5), 052056. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052056>
11. Duan, J., Wang, W., Zhang, Y., Liu, H., Lin, B., Gong, J. (2012). Calculation on inner wall temperature in oil-gas pipe flow. *Journal of Central South University*, 19 (7), 1932–1937. doi: <https://doi.org/10.1007/s11771-012-1228-6>
12. Yanvarev, I. A., Vanyashov, A. D., Krupnikov, A. V. (2015). Thermal Management Technologies Development for the Gas Transport on the Gas-main Pipeline. *Procedia Engineering*, 113, 237–243. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.07.327>
13. Garris, N. A. (2009). *Resursosberegayuschie tehnologii pri magistral'nom transporte gaza*. Sankt-Peterburg: OOO «Nedra», 368.
14. Buzovskyi, V. (2021). *Buzovskyi/main-gas-pipeline: Calculations of main gas pipeline section*. Zenodo. Available at: <https://zenodo.org/record/5504422#.YWfXyIVByUk>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.240259

COMPARATIVE ANALYSIS OF MEANS TO CONTROL THE THERMAL REGIME OF A COOLING THERMOELEMENT WHILE MINIMIZING THE SET OF BASIC PARAMETERS (p. 38–50)

Vladimir Zaykov

Research Institute «STORM», Odessa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4078-3519>

Vladimir Mescheryakov

Odessa State Environmental University, Odessa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0499-827X>

Yurii Zhuravlov

National University «Odessa Maritime Academy», Odessa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7342-1031>

This paper reports a comparative analysis of the thermal regime control means while minimizing a set of basic parameters in various combinations with the indicators of reliability and dynamics of the functioning of a single-stage thermoelectric cooler. The connection has been established between the optimal relative operating current corresponding to the minimum of the set on the relative temperature difference and heat sink capacity of the radiator. The results of calculating the main parameters, reliability indicators, time of entering the stationary mode of operation for various current modes of operation at a fixed temperature difference, thermal load at different geometry of the branches of thermoelements are given. A comparative analysis of the

main parameters, indicators of the reliability and operational dynamics of a single-stage cooler under various characteristic current modes of operation has been carried out. Minimizing the set of basic parameters in conjunction with the reliability indicators and operational dynamics of the cooling thermoelement provides a decrease in the refrigeration coefficient up to 40 % compared to the maximum cooling capacity mode, as well as the optimal heat sink capacity of the radiator, the amount of energy expended, the time of entering the stationary mode, the relative intensity of failures. The analysis of the influence of the temperature difference at a predefined thermal load on the relative operating current, the time it takes for the cooler to enter the stationary thermal regime, the heat sink capacity of the radiator, the relative intensity of failures has been performed. The devised method of optimal control over the thermal regime of a single-stage thermoelectric cooler based on minimizing the set of basic parameters makes it possible to search for and select compromise solutions, taking into consideration the weight of each of the limiting factors.

Keywords: thermoelectric cooler, set of basic indicators, geometry of thermoelements, dynamic characteristics, reliability indicators.

References

- Shalumova, N. A., Shalumov, A. S., Martynov, O. Yu., Bagayeva, T. A. (2011). Analysis and provision of thermal characteristics of radio-electronic facilities using the subsystem ASONIKA-T. *Advances in modern radio electronics*, 1, 42–49.
- Sootsman, J. R., Chung, D. Y., Kanatzidis, M. G. (2009). New and Old Concepts in Thermoelectric Materials. *Angewandte Chemie International Edition*, 48 (46), 8616–8639. doi: <https://doi.org/10.1002/anie.200900598>
- Choi, H.-S., Seo, W.-S., Choi, D.-K. (2011). Prediction of reliability on thermoelectric module through accelerated life test and Physics-of-failure. *Electronic Materials Letters*, 7 (3), 271–275. doi: <https://doi.org/10.1007/s13391-011-0917-x>
- Eslami, M., Tajeddini, F., Etaati, N. (2018). Thermal analysis and optimization of a system for water harvesting from humid air using thermoelectric coolers. *Energy Conversion and Management*, 174, 417–429. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.08.045>
- Bakhtiarfard, L., Chen, Y. S. (2014). Design and Analysis of a Thermoelectric Module to Improve the Operational Life. *Advances in Mechanical Engineering*, 7 (1), 152419. doi: <https://doi.org/10.1155/2014/152419>
- Erturun, U., Mossi, K. (2012). A Feasibility Investigation on Improving Structural Integrity of Thermoelectric Modules With Varying Geometry. Volume 2: Mechanics and Behavior of Active Materials; Integrated System Design and Implementation; Bio-Inspired Materials and Systems; Energy Harvesting. doi: <https://doi.org/10.1115/smasis2012-8247>
- Manikandan, S., Kaushik, S. C., Yang, R. (2017). Modified pulse operation of thermoelectric coolers for building cooling applications. *Energy Conversion and Management*, 140, 145–156. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.03.003>
- Wang, L. Q., Zhou, L., Fan, H. T. (2013). Design of Cooling System for Infrared CCD Camera Used to Monitor Burden Surface of Blast Furnace Based on Thermoelectric Coolers. *Applied Mechanics and Materials*, 419, 778–783. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.419.778>
- Venkatesan, K., Venkataramanan, M. (2020). Experimental and Simulation Studies on Thermoelectric Cooler: A Performance Study Approach. *International Journal of Thermophysics*, 41 (4). doi: <https://doi.org/10.1007/s10765-020-2613-2>
- Li, H., Ding, X., Meng, F., Jing, D., Xiong, M. (2019). Optimal design and thermal modelling for liquid-cooled heat sink based on multi-objective topology optimization: An experimental and numerical study. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 144, 118638. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2019.118638>
- Yu, J., Zhu, Q., Kong, L., Wang, H., Zhu, H. (2020). Modeling of an Integrated Thermoelectric Generation–Cooling System for Thermoelectric Cooler Waste Heat Recovery. *Energies*, 13 (18), 4691. doi: <https://doi.org/10.3390/en13184691>
- Dong, X., Liu, X. (2019). Multi-objective optimal design of microchannel cooling heat sink using topology optimization method. *Numerical Heat Transfer, Part A: Applications*, 77 (1), 90–104. doi: <https://doi.org/10.1080/10407782.2019.1682872>
- Irshad, K., Almalawi, A., Khan, A. I., Alam, M. M., Zahir, M. H., Ali, A. (2020). An IoT-Based Thermoelectric Air Management Framework for Smart Building Applications: A Case Study for Tropical Climate. *Sustainability*, 12 (4), 1564. doi: <https://doi.org/10.3390/su12041564>
- Zaykov, V. P., Kinshova, L. A., Moiseev, V. F. (2009). Prognozirovanie pokazateley nadezhnosti termoelektricheskikh ohlazhdayuschih ustroystv. Kn. 1. Odnokaskadnye ustroystva. Odessa: Politekhperiodika, 120.
- Zaykov, V. P., Mescheryakov, V. I., Zhuravlev, Yu. I. (2019). Prognozirovanie pokazateley nadezhnosti termoelektricheskikh ohlazhdayuschih ustroystv. Kn. 4. Dinamika funkcionirovaniya odnokaskadnyh TEU. Odessa: Politekhperiodika, 290.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.242984

DETERMINING BASIC CHARACTERISTICS OF STABILIZER MICRO TORCH BURNERS FOR THE COMBUSTION OF BALLASTED FUEL GASES (p. 51–65)

Olga Chernousenko

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1427-8068>

Leonid Butovsky

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8947-9887>

Olena Hranovska

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3385-0768>

Oleh Moroz

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3906-8913>

Oleksandr Starchenko

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5502-469X>

This paper reports an experimental study into the combustion of alternative gases in the form of a mixture of propane-butane with air and carbon dioxide after a stabilizing flat module whose both sides are flown around with an airflow. The ballasted fuel was fed by jets into the airflow from the holes located on the side walls of the stabilizer. In this case, the fuel and air were partially premixed. It was established that when ballasting fuel with inert admixtures, the length of the torch and the maximum temperature gradually decreased while nitrogen oxide emissions decreased. With an increase in the content of ballast in fuel, combustion breaks. The dependence of torch stability on the relative consumption of ballast has been established. To stabilize the combustion, highly reactive fuel is supplied to the recirculation zone after a stabilizer from a separate collector. Ballasted fuel passes through the next torches of high-temperature fuel; the all fuel combustion process

takes place. The combined scheme of mixture formation makes it possible to adjust fuel consumption in the zones and thus maintain a stable burner power. In the case of supplying all fuel to the recirculation zone after the stabilizer, a so-called “rich” detachment is possible when the torch is detached from the stabilizer. When working under such modes, highly reactive fuel is supplied from the holes on the side walls of the stabilizer, which are placed closer to its detachment edges than the holes for the supply of ballasted fuel. At the same time, the jets of ballasted fuel also pass between the torches of highly reactive fuel so there is joint combustion of all fuel.

Keywords: burner device, combustion stability, ballasted fuel gas, torch length, stabilizer, ballasting, fuel gas, combustion characteristics.

References

1. Klumchuk, O. V., Grokh, N. V. (2012). Production of biogas: experience of foreign countries and prospect of development in Ukraine. *Zb. Naukovykh prats VNAU*, 2 (64), 50–54. Available at: <http://econjournal.vsau.org/files/pdfa/869.pdf>
2. Kholod, N., Evans, M., Pilcher, R. C., Roshchanka, V., Ruiz, F., Coté, M., Collings, R. (2020). Global methane emissions from coal mining to continue growing even with declining coal production. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120489. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120489>
3. Vladimirov, Ia. A., Zysin, L. V. (2018). Methodological aspects of energy utilization of municipal solid waste and its gasification products. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbPU. Estestvennye i inzhenernye nauki*, 24 (1), 5–16. Available at: doi: <http://doi.org/10.18721/JEST.240101>
4. Liu, C., Yan, B., Chen, G., Bai, X. S. (2010). Structures and burning velocity of biomass derived gas flames. *International Journal of Hydrogen Energy*, 35 (2), 542–555. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2009.11.020>
5. Sigal, I. Ia., Marasin, A. V., Smikhula, A. V., Sigal, A. I., Kolchev, V. A. (2013). Experimental study of biogas burning and its use in industrial boilers. *International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology*, 17 (139), 84–89. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalnoe-issledovanie-goreniya-biogaza-i-ego-ispolzovanie-v-promyshlennykh-kotlah/viewer>
6. Sigal, I. Ia., Smikhula, A. V., Marasin, A. V., Kuts, V. P., Dombrovskaya, E. P., Kolchev, V. A., Kernazhitskaia, E. S. (2013). Experimental Research of a Biogas as a Fuel for Boilers. *Energotekhnologii i resursoberezhenie*, 5, 26–32. Available at: <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/127237?show=full>
7. Anggono, W., Wardana, I. N. G., Lawes, M., Hughes, K. J., Wahyudi, S., Hamidi, N., Hayakawa, A. (2013). Biogas Laminar Burning Velocity and Flammability Characteristics in Spark Ignited Premix Combustion. *Journal of Physics: Conference Series*, 423, 012015. doi: <http://doi.org/10.1088/1742-6596/423/1/012015>
8. Hosseini, S. E., Bagheri, G., Khaleghi, M., Abdul Wahid, M. (2015). Combustion of Biogas Released from Palm Oil Mill Effluent and the Effects of Hydrogen Enrichment on the Characteristics of the Biogas Flame. *Journal of Combustion*, 2015, 1–12. doi: <http://doi.org/10.1155/2015/612341>
9. Sigal, I. Ia., Marasin, F. V., Smikhula, A. V. (2014). Gas Burners for Combustion of Biogas in Boilers. *Energotekhnologii i resursoberezhenie*, 3, 68–72. Available at: <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/127295>
10. Komina, G. P. (2018). Environmental characteristics of combustion of gases in a closed ring flame. *Voda i ekologiya: problemy i resheniia*, 1 (73), 39–47.
11. Koliienko, V. A., Halinska, T. A., Shelimanova, O. V. (2015). Combined burning of mixture of natural and producer gases. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy*, 5, 136–138. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_tech_2015_224_26
12. Slavinskaya, N. A. (2007). Proekt Evropeiskogo soiuza «Vysokoefektivnaia gazovaia turbina s primeneniem sinteticheskogo gaza». *Gazoturbinye tekhnologii*, 24–27.
13. Lebedev, A. S., Simin, N. O., Tarasov, D. S., Iushkevich, A. V. (2010). Rabota kamer sgoraniia GTU na produktakh gazifikatsii tverdogo topliva. *Teplotenergetika*, 6, 73–79.
14. Serbyn, S. Y., Honcharova, N. A., Vylkul, V. V. (2015). Studying the peculiarities of the working process in the combustion chamber of synthetic gas-operated turbine engine of 2.5MW. *Visnyk NTU «KhPI»*, 16 (1125), 14–18. Available at: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/17564>
15. Escudero, M., Jiménez, Á., González, C., Nieto, R., López, I. (2012). Analysis of the behaviour of biofuel-fired gas turbine power plants. *Thermal Science*, 16 (3), 849–864. doi: <http://doi.org/10.2298/tsci120216131e>
16. Gómez, M., Amell, A., Zapata, L. (2015). Spark ignition engine performance and emissions in a high compression engine using biogas and methane mixtures without knock occurrence. *Thermal Science*, 19 (6), 1919–1930. doi: <http://doi.org/10.2298/tsci140829119g>
17. Rowhani, A., Tabejamaat, S. (2015). Experimental study of the effects of swirl and air dilution on biogas non-premixed flame stability. *Thermal Science*, 19 (6), 2161–2169. doi: <http://doi.org/10.2298/tsci130112157r>
18. Butovskii, L. S., Granovskaia, E. A., Fialko, N. M. (2010). Ustoichivost fakela za ploskim stabilizatorom pri podache gaza vnedreniem v vozdushnii potok. *Tekhnologicheskie sistemy*, 3 (52), 72–76. Available at: <http://technological-systems.net/index.php/Home/article/view/455>
19. Butovskii, L. S., Granovskaia, E. A., Fialko, N. M., Strokin, V. N., Shvetsova, L. A. (2011). Povyshenie ustoichivosti fakela pri podache gaza v zonu retsirkulatsii za stabilizatorom. *Tekhnologicheskie sistemy*, 3 (56), 74–81.
20. Jet-derived low-NO_x combustors to be offered for Land-based machines (1990). *Gas Turbine World*, 20 (6), 30.
21. Keppel, W. (1994). 20 Jahre ABB – gasturbinen typ 13: von 55 bis 165 MWt – spiegelbild einer evolution. *VGB Kraftwerkstechnik*, 74, Heft 4, 361–372.
22. Funke, H. H.-W., Keinz, J., Kusterer, K., Ayed, A. H., Kazari, M., Kitajima, J. et al. (2017). Development and Testing of a Low NO_x Micromix Combustion Chamber for Industrial Gas Turbines. *International Journal of Gas Turbine, Propulsion and Power Systems*, 9 (1), 27–36. doi: http://doi.org/10.38036/jgpp.9.1_27
23. Sudarev, A. V., Butovsky, L. S., Granovskaya, E. A. (1994). Process studies applied to ceramic gas turbine engine low-emission double-zone micro-diffusion combustion chamber. *ASME Paper*, 94-GT-445. Hagus, 6. doi: <http://doi.org/10.1115/94-gt-445>
24. Gadde, S., Wu, J., Gulati, A., McQuiggan, G., Koestlin, B., Prade, B. (2006). Syngas capable combustion systems development for advanced Gas turbines. *ASME TURBO EXPO 2006. Paper GT 2006-90970. Barcelona*. doi: <http://doi.org/10.1115/gt2006-90970>
25. Lefebvre, A. H., Ibrahim, A. R. A. F., Benson, N. C. (1966). Factors affecting fresh mixture entrainment in bluff-body stabilized flames. *Combustion and Flame*, 10 (3), 231–239. doi: [http://doi.org/10.1016/0010-2180\(66\)90079-4](http://doi.org/10.1016/0010-2180(66)90079-4)
26. Chigier, N. A., Mech, A. M. I., Gilbert, J. L. (1968). Recirculation Eddies in the Wake of Flameholders. *Journal of the Institute of Fuel*, 3, 105–112.
27. Winterfeld, G. (1965). On processes of turbulent exchange behind flame holders. *Symposium (International) on Combustion*, 10 (1), 1265–1275. doi: [http://doi.org/10.1016/s0082-0784\(65\)80261-2](http://doi.org/10.1016/s0082-0784(65)80261-2)
28. Abdulin, M. Z., Siryi, A., Tkachenko, O. M., Kunyk, A. A. (2020). Boilers modernization due to energy-ecological improvement technology of burning. *Bulgarian Chemical Communications*, 52, 14–19. Available at: http://www.bcc.bas.bg/bcc_volumes/Volume_52_Special_F_2020/BCC-52-F-2020-14-19-Abdulin-2.pdf

29. Raushenbakh, B. V., Belii, S. A., Bespalov, I. V. et. al. (1964). *Fizicheskie osnovy rabocheho protsessa v kamerakh sgoraniia vozdušno-reaktivnykh dvigatelei*. Moscow: Mashinostroenie, 526.
30. Bauer, A. B. (1967). Some experiments in the near wake of cones. *AIAA Journal*, 5 (7), 1356–1358. doi: <http://doi.org/10.2514/3.4202>
31. Ansys Fluent 14.0 Theory Guide from <https://www.scribd.com/doc/140163341/Ansys-Fluent-14-0-Theory-Guide>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.243068
DEVELOPMENT OF AN AMMONIA PRODUCTION METHOD FOR CARBON-FREE ENERGY GENERATION (p. 66–75)

Sergey Zhadan

Individual Entrepreneur «A.O. Dyba», Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7493-2180>

Yevhenii Shapovalov

Junior Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3732-9486>

Roman Tarasenko

Institute of Telecommunications and Global Information Space,
 Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5834-5069>

Anatoliy Salyuk

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3949-1962>

Ammonia has great prospects in the context of the transition to carbon-free energy. It can be used as fuel in gas turbines, fuel cells, internal combustion engines, and burned together with coal. However, industrial production of ammonia is based on the Haber-Bosh process, which involves the use of natural gas and coal, which, in this case, does not make it really carbon-free. This study proposes a method to produce ammonia, which is environmentally friendly and does not require the use of fossil fuels. It is based on the approach to adjusting the concentration of ammonium nitrogen in a biogas reactor and implies the sorption of ammonia from the gas phase with a solution of monoammonium phosphate, obtaining diammonium phosphate, and subsequently heating it with the release of ammonia. The factors influencing the extraction of ammonia from waste have been considered, as well as the influence of temperature on the release of ammonia from the solution of diammonium phosphate; the energy efficiency of the method has been assessed. With increasing temperature, the degree of ammonia and the degree of sorbent regeneration increased. Under laboratory conditions, 111 J/g of ammonia energy was spent. The higher the concentration of $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ in the solution, the less energy is required to obtain a unit of ammonia mass. The total amount of ammonia released varies depending on the temperature. Sorbent regeneration can be carried out using thermal energy obtained at a cogeneration plant. The possibility of using this method to produce ammonia at an industrial scale has been estimated by analyzing the ways of ammonia utilization as a fuel. The potential for ammonia production in the main livestock industries in Europe and the United States is up to 11,482,651.15 and 11,582,169.5 tons per year, respectively. Applying this solution also makes it possible to improve the efficiency of biogas production from waste with high nitrogen content. The proposed method of ammonia production could potentially contribute to the development of carbon-free energy.

Keywords: ammonia production, carbon-free energy, anaerobic digestion, ammonium nitrogen, ammonium phosphates.

References

- 2030 climate & energy framework. European Commission. Available at: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en

- Reflection Paper - Towards a Sustainable Europe By 2030 (2019). European Commission. Available at: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/rp_sustainable_europe_30-01_en_web.pdf
- Going Climate-Neutral by 2050. European Commission. Available at: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/92f6d5bc-76bc-11e9-9f05-01aa75ed71a1>
- Brouwer, K. M. (2021). Road to EU Climate Neutrality by 2050. Brussels. Available at: https://roadtoclimatenutrality.eu/Energy_Study_Full.pdf
- Submission of Japan's Intended Nationally Determined Contribution (2015). Ministry of Economy, Trade and Industry. Available at: https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Japan%20First/20150717_Japan%27s%20INDC.pdf
- Kobayashi, H., Hayakawa, A., Somarathne, K. D. K. A., Okafor, E. C. (2019). Science and technology of ammonia combustion. *Proceedings of the Combustion Institute*, 37 (1), 109–133. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proci.2018.09.029>
- Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung (2010). München. Available at: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/energiekonzept-2010.pdf?__blob=publicationFile&v=5
- Climate Change Act 2008. Available at: <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2008/27/contents>
- Strategiya. Dolgosrochnogo razvitiya rossiyskoy federacii s nizkim urovnem vybrosov parnikovyh gazov do 2050 goda. Available at: https://economy.gov.ru/material/file/babacbb75d32d90e28d-3298582d13a75/proekt_strategii.pdf
- Hot Cities: battle-ground for Climate change. Available at: https://mirror.unhabitat.org/downloads/docs/E_Hot_Cities.pdf
- Apple commits to be 100 percent carbon neutral for its supply chain and products by 2030 (2020). Apple. Available at: <https://www.apple.com/newsroom/2020/07/apple-commits-to-be-100-percent-carbon-neutral-for-its-supply-chain-and-products-by-2030/>
- Salmon, N., Bañares-Alcántara, R. (2021). Green ammonia as a spatial energy vector: a review. *Sustainable Energy & Fuels*, 5 (11), 2814–2839. doi: <https://doi.org/10.1039/d1se00345c>
- Researchers aim to make ammonia production 100% green. Available at: <https://www.eurekalert.org/news-releases/538445>
- Sosna, M. Kh., Kasym, O. N. (2017). The main trends in the technology development of ammonia production. *Oil & Gas Chemistry*, 4, 17–21. doi: <https://doi.org/10.24411/2310-8266-2017-00036>
- Service, R. F. (2018). Ammonia – a renewable fuel made from sun, air, and water – could power the globe without carbon. *Science*. Available at: <https://www.science.org/content/article/ammonia-renewable-fuel-made-sun-air-and-water-could-power-globe-without-carbon>
- Abouelenien, F., Elsaidy, N., Nakashimada, Y. (2013). Simultaneous Ammonia removal and Methane Production from Chicken Manure under Dry Thermophilic Condition. *Journal of American Science*, 9 (10), 90–94. Available at: http://www.jofamericanscience.org/journals/am-sci/am0910/011_20294am0910_90_94.pdf
- Wang, X., Gabauer, W., Li, Z., Ortner, M., Fuchs, W. (2018). Improving exploitation of chicken manure via two-stage anaerobic digestion with an intermediate membrane contactor to extract ammonia. *Bioresource Technology*, 268, 811–814. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.08.027>
- Ivanov, V., Stabnikov, V., Stabnikova, O., Salyuk, A., Shapovalov, E., Ahmed, Z., Tay, J. H. (2019). Iron-containing clay and hematite iron ore in slurry-phase anaerobic digestion of chicken manure. *AIMS Materials Science*, 6 (5), 821–832. doi: <https://doi.org/10.3934/matserci.2019.5.821>
- Markou, G. (2015). Improved anaerobic digestion performance and biogas production from poultry litter after lowering its nitrogen content. *Bioresource Technology*, 196, 726–730. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.07.067>
- Abouelenien, F., Kitamura, Y., Nishio, N., Nakashimada, Y. (2009). Dry anaerobic ammonia–methane production from chicken manure.

- Applied Microbiology and Biotechnology, 82 (4), 757–764. doi: <https://doi.org/10.1007/s00253-009-1881-3>
21. Abouelenen, F., Fujiwara, W., Namba, Y., Kosseva, M., Nishio, N., Nakashimada, Y. (2010). Improved methane fermentation of chicken manure via ammonia removal by biogas recycle. *Bioresource Technology*, 101 (16), 6368–6373. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.03.071>
 22. Habibullin, R. E. (1995). Issledovanie i razrabotka intensivnoy biotekhnologii anaerobnoy pererabotki kurinogo pometa. Kazan', 18.
 23. Shapovalov, V. B., Shapovalov, E. B., Zhadan, S. O., Saliuk, A. I. (2015). Pat. No. 105080. Sposib otrymannia biohazu ta dobrovya z vidkhodiv z vysokym vmistom azotu. No. u201505811; declared: 12.06.2015; published: 10.03.2016, Bul. No. 5. Available at: <https://uapatents.com/3-105080-sposib-otrimannya-biogazu-ta-dobriva-z-vidkhodiv-z-visokim-vmistom-azotu.html>
 24. Saliuk, A. I., Shapovalov, E. B., Shapovalov, V. B., Zhadan, S. O. (2016). Pat. No. 114655. Sposib oderzhannia tverdogo mineralnogo dobrovya pry metanoviy fermentatsiyi. No. u 201610452; declared: 17.10.2016; published: 10.03.2017, Bul. No. 5. Available at: <https://uapatents.com/5-114655-sposib-oderzhannya-tverdogo-mineralnogo-dobriva-pri-metanovij-fermentacii.html>
 25. Crolus, S. H. (2018). IHI First to Reach 20% Ammonia-Coal Co-Firing Milestone. Ammonia Energy Association. Available at: <https://www.ammoniaenergy.org/articles/ihi-first-to-reach-20-ammonia-coal-co-firing-milestone/>
 26. Salyuk, A., Zhadan, S., Shapovalov, E., Tarasenko, R. (2017). Methane fermentation of chicken manure under conditions of reduced concentration of inhibitors. *Alternative Energy and Ecology*, 4-6, 89–98. doi: <https://doi.org/10.15518/isjaee.2017.04-06.089-098>
 27. Shapovalov, Ye., Zhadan, S., Salyuk, A., Kotinskiy, A. (2018). Regulation of the ammonia nitrogen concentration at the methane fermentation of chicken manure under conditions of the liquid phase recirculation. *Scientific Works of NUFT*, 24 (6), 65–72. doi: <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2018-24-6-10>
 28. Pratt, P. F., Castellanos, J. Z. (1981). Available nitrogen from animal manures. *California Agriculture*.
 29. Vedenev, A. G., Vedeneva, T. A. (2006). Biogazovye tehnologii v Kyrgyzskoy respublike. Bishkek: Tipografiya «Evro», 90.
 30. Brown, T. (2017). The new generation of fuel cells: fast, furious, and flexible. Ammonia Energy Association. Available at: <https://www.ammoniaenergy.org/articles/the-new-generation-of-fuel-cells-fast-furious-and-flexible/>
 31. Bartels, J. R. (2008). A feasibility study of implementing an ammonia economy. Iowa State University. doi: <https://doi.org/10.31274/etd-180810-1374>
 32. Ammonia fuel. Gencell. Available at: <https://www.gencellenergy.com/gencell-technology/ammonia-fuel/>
 33. Ammonia-Fueled Gas Turbine Power Generation (2017). Ammonia Energy Association. Available at: <https://www.ammoniaenergy.org/articles/ammonia-fueled-gas-turbine-power-generation/>
 34. Ito, S., Uchida, M., Onishi, S., Kato, S., Fujimori, T., Kobayashi, H. (2018). Performance of Ammonia - Natural Gas Co-Fired Gas Turbine for Power Generation. 2018 AIChE Annual Meeting. Available at: <https://www.aiche.org/conferences/aiche-annual-meeting/2018/proceeding/paper/549b-performance-ammonia-natural-gas-co-fired-gas-turbine-power-generation>
 35. Crolus, S. H. (2019). The Evolving Context of Ammonia-Coal Co-Firing. Ammonia Energy Association. Available at: <https://www.ammoniaenergy.org/articles/the-evolving-context-of-ammonia-coal-co-firing/>
 36. Brown, T. (2018). Ammonia for Power: a literature review. Ammonia Energy Association. Available at: <https://www.ammoniaenergy.org/articles/ammonia-for-power-a-literature-review/>
 37. Grannell, S. M., Assanis, D. N., Bohac, S. V., Gillespie, D. E. (2006). The Operating Features of a Stoichiometric, Ammonia and Gasoline Dual Fueled Spark Ignition Engine. *Energy Conversion and Resources*. doi: <https://doi.org/10.1115/imece2006-13048>
 38. Grannell, S. M., Assanis, D. N., Bohac, S. V., Gillespie, D. E. (2008). The Fuel Mix Limits and Efficiency of a Stoichiometric, Ammonia, and Gasoline Dual Fueled Spark Ignition Engine. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, 130 (4). doi: <https://doi.org/10.1115/1.2898837>
 39. NH3 Car. NH3CAR. Available at: <http://nh3car.com/>
 40. Reiter, A. J., Kong, S.-C. (2011). Combustion and emissions characteristics of compression-ignition engine using dual ammonia-diesel fuel. *Fuel*, 90 (1), 87–97. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2010.07.055>
 41. Reiter, A. J., Kong, S.-C. (2008). Demonstration of Compression-Ignition Engine Combustion Using Ammonia in Reducing Greenhouse Gas Emissions. *Energy & Fuels*, 22 (5), 2963–2971. doi: <https://doi.org/10.1021/ef800140f>
 42. Frigo, S., Gentili, R. (2013). Analysis of the behaviour of a 4-stroke Si engine fuelled with ammonia and hydrogen. *International Journal of Hydrogen Energy*, 38 (3), 1607–1615. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2012.10.114>
 43. Liu, R., Ting, D. S.-K., Checkel, M. D. (2003). Ammonia as a fuel for SI engine. *SAE Technical Papers*. doi: <https://doi.org/10.4271/2003-01-3095>
 44. SIP Energy Carriers -The Innovation for Ammonia Fuel in Japan. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=5ejL65tKsGM>
 45. Crolus, S. H. (2018). Direct Ammonia Fuel Cells Take Another Step Forward in Japan. Ammonia Energy Association. Available at: <https://www.ammoniaenergy.org/articles/direct-ammonia-fuel-cells-take-another-step-forward-in-japan/>
 46. Technology. Hydrofuel. Available at: <https://www.nh3fuel.com/index.php/technology/18-engine-conversions>
 47. Kelly-Detwiler, P. (2020). A Key To The 'Hydrogen Economy' Is Carbon-Free Ammonia. *Forbes*. Available at: <https://www.forbes.com/sites/peterdetwiler/2020/12/16/maybe-the-hydrogen-economy-will-become-the-ammonia-economy/?sh=4453f9e64936>
 48. Dolan, R. H., Anderson, J. E., Wallington, T. J. (2021). Outlook for ammonia as a sustainable transportation fuel. *Sustainable Energy & Fuels*, 5 (19), 4830–4841. doi: <https://doi.org/10.1039/d1se00979f>
 49. Hansson, J., Brynolf, S., Fridell, E., Lehtveer, M. (2020). The Potential Role of Ammonia as Marine Fuel – Based on Energy Systems Modeling and Multi-Criteria Decision Analysis. *Sustainability*, 12 (8), 3265. doi: <https://doi.org/10.3390/su12083265>
 50. Fuchs, W., Wang, X., Gabauer, W., Ortner, M., Li, Z. (2018). Tackling ammonia inhibition for efficient biogas production from chicken manure: Status and technical trends in Europe and China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 97, 186–199. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.08.038>
 51. Shapovalov, Y., Zhadan, S., Bochmann, G., Salyuk, A., Nykyforov, V. (2020). Dry Anaerobic Digestion of Chicken Manure: A Review. *Applied Sciences*, 10 (21), 7825. doi: <https://doi.org/10.3390/app10217825>
 52. Plyatsuk, L., Chernish, E. (2014). Intensification of Anaerobic Microbiological Degradation of Sewage Sludge and Gypsum Waste Under Bio-Sulfidogenic Conditions. *The Journal of Solid Waste Technology and Management*, 40 (1), 10–23. doi: <https://doi.org/10.5276/jswtm.2014.10>
 53. Niu, Q., Qiao, W., Qiang, H., Hojo, T., Li, Y.-Y. (2013). Mesophilic methane fermentation of chicken manure at a wide range of ammonia concentration: Stability, inhibition and recovery. *Bioresource Technology*, 137, 358–367. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.03.080>
 54. Saliuk, A. I., Zhadan, S. O., Shapovalov, Ye. B., Tarasenko, R. A. (2016). Inhibuvannia vyrobnytstva metanu z kuriachoho poslidu amoniynym azotom. *Vidnovliuvana Enerhetyka*, 1, 79–83.
 55. Pozin, M. E. (1974). Tehnologiya mineral'nyh soley: Udobreniy, pesticidov, promyshlennyh soley, oksidov i kislot. Leningrad: Himiya, 792.
 56. Klevke, V. L., Polyakov, N. N., Arsen'eva, L. Z. (1956). Tehnologiya azotnyh udobreniy. Moscow, 290.

АНОТАЦІЇ

ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.243143**ПІДВИЩЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ СХЕМ ЖИВЛЕННЯ ДУГОВИХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНИХ ПЕЧЕЙ У НЕЛІНІЙНИХ НЕСИМЕТРИЧНИХ РЕЖИМАХ (с. 6–16)****В. Г. Турковський, А. А. Маліновський, А. З. Музичак, О. В. Турковський**

Дугові сталеплавильні печі змінного струму є найпотужнішими установками серед приєднаних до електричних мереж, режим роботи яких є динамічним, несиметричним і нелінійним. Саме тому ці печі викликають увесь можливий спектр негативного впливу на якість електроенергії у мережі живлення, зокрема, коливання, несиметрію та несинусоїдність напруги.

Відомі пропозиції з покращення електромагнітної сумісності дугових електропечей переважно орієнтовані на усунення наслідків негативного їх впливу на мережі енергосистем.

Пропонований підхід та відповідне технічне вирішення скеровані на зниження рівня генерування негативного фактору й одночасно дозволяють знизити коливання, несиметрію і несинусоїдність напруги. Такий результат отриманий внаслідок того, що пропонуване рішення враховує особливості природного для дугових печей діапазону режимів. Оптимальним для таких споживачів є використання системи живлення сталого струму $I=\text{const}$ у діапазоні режимів від експлуатаційного короткого замикання до максимального навантаження та системи $U=\text{const}$ в усій іншій області режимів. Реалізація такої системи здійснюється на основі резонансного перетворювача «сталій струм – стала напруга».

Дослідженнями встановлено, що використання такої системи живлення у порівнянні з традиційною схемою дозволяє знизити несинусоїдність напруги у малопотужній мережі з 3,2 % до 2,1 % та коефіцієнт несиметрії з 3,66 до 1,35 %. Підтверджено також раніше опубліковані дані щодо суттєвого зниження коливань напруги.

Показано позитивний вплив такої системи на енергетичні показники роботи власне пічної установки, що проявляється у збільшенні потужності дуги на 12,5 %, а електричного ККД на 5,1 %. Це дозволяє підвищити продуктивність та ефективність дугових сталеплавильних печей.

Ключові слова: дугова піч, модель дуги, коливання напруги, несинусоїдність, несиметрія, продуктивність печі.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.240233**АНАЛІЗ ВТРАТ В ОДНОФАЗНИХ СУХИХ ТРАНСФОРМАТОРАХ ПРИ НЕЛІНІЙНОМУ НАВАНТАЖЕННІ (с. 17–22)****Harrij Mukti Khristiana, Sudjito Soeparman, Slamet Wahyudi, Rini Nur Hasanah**

У роботі проводиться дослідження втрат потужності в трансформаторах при нелінійних навантаженнях. Метою дослідження є аналіз втрат потужності в однофазному сухому трансформаторі при нелінійному навантаженні. Дослідження використовує джерело живлення SW43W, аналізатор якості електроенергії FlukeView в якості джерела постійного або змінного струму на первинній обмотці трансформатора. Нелінійне навантаження підключене до вторинної обмотки. Випробування сухого трансформатора на навантаження проводилося при нелінійних навантаженнях. Використовували зміни навантаження 0 %; 12.5 %; 25 %; 37.5 %; 50 %; 62.5 %; 75 %; 87,5 % і 100 %, а також зміни значення КНС шляхом регулювання кута запалювання (α). В якості нелінійних навантажень використовуються однополуперіодний випрямляч і керований однополуперіодний випрямляч з активними навантаженнями при зміні значень КНС. Результати показали, що втрати в трансформаторі включають $P_{\text{без нав}}$ і $P_{\text{нав}}$. При роботі трансформатора з постійною входною напругою і частотою з $\text{КНС} < 5\%$ значення $P_{\text{без нав}}$ є постійним при всіх значеннях навантаження. Чим більше відсоток навантаження, тим вище навантаження. Збільшення КНС через нелінійне навантаження призведе до збільшення навантаження на трансформатор. Значення коефіцієнта зниження потужності отримано шляхом встановлення залежності між збільшенням втрат ($\Delta P_{\text{втрат}}$), на яке впливає КНС і підвищенням температури T ($^{\circ}\text{C}$) в сухих трансформаторах. При нелінійному навантаженні на трансформатор, коефіцієнт зниження потужності < 1 . КНС і коефіцієнт зниження потужності утворюють лінійну залежність, при збільшенні КНС значення коефіцієнта зниження потужності зменшується. Лінійне навантаження на трансформатор викликає зниження його потужності, однак при нелінійному навантаженні з $\text{КНС} = 39,1\%$, він здатний витримати навантаження в 84,294 %. Крім того, збільшення коефіцієнта нелінійних спотворень призведе до збільшення втрат і зниження потужності трансформатора.

Ключові слова: сухий трансформатор, однофазний, нелінійне навантаження, втрати, коефіцієнт зниження потужності, коефіцієнт нелінійних спотворень.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.243112

ВИЗНАЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ПЕРЕХІДНИЙ ПЕРІОД РОКУ (с. 23–29)

Л. В. Накашидзе, В. О. Габрінець, Ю. О. Мігіков, С. В. Алексєєнко, І. С. Ляшенко

Актуальною науково-практичною проблемою є формування енергоефективних систем забезпечення кліматичних умов в приміщеннях на основі використання відновлюваних джерел енергії. У роботі удосконалено техніко-методологічний підхід до розрахунків систем енергозабезпечення та акумулювання при застосуванні енергоактивних огорожень. Показана особлива ефективність цих огорожень в перехідні періоди року, тобто весни та осені.

Для надійного прогнозування процесу забезпечення температурних комфортних умов (теплого балансу) при застосуванні методів непараметричної статистики розроблена математична модель. Вона дозволить підвищити якість прогнозування впливу зовнішньої температури повітря у перехідні періоди року. До уваги береться температура всередині приміщення при наявності багатопарового енергоактивного огороження.

Для визначення підходу щодо використання в системах енергозабезпечення теплоти в перехідний період розглядаються теплові параметри з внутрішньої та зовнішньої сторони конструкції споруди. Це дає можливість враховувати зміни теплопередавання цих конструкцій при проектуванні системи енергозабезпечення та визначення оптимальних режимів її функціонування в різних природних умовах.

Розглянуто іншу задачу енергоактивного огороження, пов'язану з генеруванням в систему додаткової теплоти, яка отримується завдяки перетворенню енергії сонячного випромінювання. Для підвищення цього генерування були запропоновані спеціальні багатопарові конструкції енергоактивного огороження. Запропонована термомодернізація з використанням енергоактивних огорож дозволяє, в середньому за холодний період року, зменшити енерговитрати в 3,5 рази для будівель промислового та житлового призначення.

Ключові слова: енергоактивне огороження, сонячне випромінювання, багатопарові конструкції, перетворення енергії, термомодернізація, конвекція.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.242440

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ОПТИМАЛЬНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ МАГІСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДУ (с. 30–37)

М. М. Кологривов, В. П. Бузовський

Проведено дослідження впливу температури навколишнього повітря на процес зміни параметрів і теплофізичних характеристик газу, що перекачується по підземному трубопроводу. Це зроблено тому, що немає науково обгрунтованих рекомендацій щодо оптимальної температури газу після апаратів охолодження на компресорній станції. Встановлено наявність місця інверсії теплообміну між газом і ґрунтом – зміни напрямку теплообміну по довжині газопроводу. Доведено, що в формулу для розрахунку зміни температури газу по довжині трубопроводу між компресорними станціями слід підставляти температуру повітря над поверхнею ґрунту. Завдяки цьому стало можливим визначення кількісних змін в теплофізичних і гідравлічних характеристиках газу по довжині труби, зокрема зміни густини, в'язкості, теплоємності, режиму течії. Показано, що зміна температури повітря протягом року призводить до зміни тиску газу в кінці ділянки газопроводу до 0,15 МПа. Зміна температури повітря на 10 °С призводить до зміни температури газу орієнтовно на 5 °С. Аналітичні дослідження дозволили розробити практичні рекомендації щодо енергозберігаючої роботи апаратів повітряного охолодження на компресорних станціях. Визначено, що оптимальною температурою газу на виході з апаратів охолодження буде температура, при якій точка інверсії теплообміну по довжині газопроводу збігається з місцем розташування наступної станції. Показано як можливо регулювати охолодження газу в апаратах повітряного охолодження. Зокрема відключенням одного з кількох працюючих апаратів і зміною числа обертів приводу вентилятора. Розроблені рекомендації дозволять оперативно регулювати температурний режим роботи підземного газопроводу при оптимальних енерговитратах на роботу системи охолодження газу після його компримування.

Ключові слова: підземний газопровід, температура газу, навколишнє повітря, апарат повітряного охолодження, енергетичні витрати.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.240259

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАСОБІВ УПРАВЛІННЯ ТЕПЛОВИМ РЕЖИМОМ ОХОЛОДЖУЮЧОГО ТЕРМОЕЛЕМЕНТУ ПРИ МІНІМІЗАЦІЇ КОМПЛЕКСУ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ (с. 38–50)

В. П. Зайков, В. И. Мещеряков, Ю. І. Журавльов

Проведено порівняльний аналіз засобів управління тепловим режимом при мінімізації комплексу основних параметрів у різних сполученнях з показниками надійності і динаміки функціонування однокаскадного термоелектричного охолоджувача. Визначено зв'язок оптимального робочого струму, який відповідає мінімуму комплексу від відносного перепаду температури і тепло відвідну спроможності радіатору. Представлено результати розрахунків основних параметрів, показників надійності, часу виходу на стаці-

онарний режим роботи для різних теплових режимів роботи при фіксованому перепаді температур, тепловому навантаженні для різній геометрії гілок термоелементів. Виконано порівняльний аналіз основних параметрів, показників надійності і динаміки функціонування однокаскадного охолоджувача в різних характерних струмових режимах роботи. Мінімізація комплексу основних параметрів у взаємозв'язку з показниками надійності і динамікою функціонування охолоджуючого термоелементу забезпечує: зниження холодильного коефіцієнту до 40 % порівняльно з режимом максимальної холодопродуктивності, а також оптимальну тепло відвідну спроможність радіатора, кількість витраченої енергії, час виходу на стаціонарний режим, відносну інтенсивність відмов. Проведено аналіз впливу перепаду температур при заданому тепловому навантаженні на відносний робочий струм, час виходу охолоджувача на стаціонарний тепловий режим, тепло відвідну спроможність радіатора, відносну інтенсивність відмов. Розроблений метод оптимального управління тепловим режимом однокаскадного термоелектричного охолоджувача на основі мінімізації комплексу основних параметрів дає спроможність пошуку і вибору компромісних рішень з урахуванням вагомості кожного з обмежувальних факторів.

Ключові слова: термоелектричний охолоджувач, комплекс основних показників, геометрія термоелементів, динамічні характеристики, показники надійності.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.242984

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАБІЛІЗАТОРНИХ МІКРОФАКЕЛЬНИХ ПАЛЬНИКОВИХ ПРИСТРОЇВ ПРИ СПАЛЮВАННІ ЗАБАЛАСТОВАНИХ ПАЛИВНИХ ГАЗІВ (с. 51–65)

О. Ю. Черноусенко, Л. С. Бутовський, О. О. Грановська, О. С. Мороз, О. С. Старченко

Були проведені експериментальні дослідження щодо спалювання альтернативних газів у вигляді суміші пропан-бутану з повітрям і двоокисом вуглецю за стабілізаторним плоским модулем, який обтікався з обох боків повітряним потоком. Забаластоване паливо подавалось струменями в повітряний потік із отворів, що розміщувались на бокових стінках стабілізатора. При цьому відбувалось часткове попереднє перемішування палива і повітря. Встановлено, що при баластуванні палива інертними домішками довжина факелу і максимальна температура поступово зменшуються, а викиди оксидів азоту знижуються. При збільшенні вмісту баласту в паливі відбувається зрив горіння. Встановлена залежність стійкості факелу від відносної витрати баласту. Для стабілізації горіння в зону рециркуляції за стабілізатором з окремого колектора подається високо реакційне паливо. Забаластоване паливо проходить через чергові факели високотемпературного палива і відбувається процес горіння всього палива. Комбінована схема сумішеутворення дозволяє регулювати витрату палива по зонах і таким чином підтримувати стабільну потужність пальника. У разі подачі всього палива в зону рециркуляції за стабілізатором можлива поява так званого «багатого» зриву, при якому відбувається відрив факелу від стабілізатора. При роботі на таких режимах високо реакційне паливо подається з отворів на бокових стінках стабілізатора, які розміщуються ближче до його зривних кромок, ніж отвори подачі забаластованого палива. При цьому струмені забаластованого палива також проходять між факелами високо реакційного палива і відбувається сумісне горіння всього палива.

Ключові слова: пальниковий пристрій, сталість горіння, забаластований паливний газ, довжина факелу, стабілізатор, баластування, паливний газ, характеристики горіння.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.243068

РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА АМІАКУ ДЛЯ БЕЗВУГЛЕЦЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ (с. 66–75)

С. О. Жадан, Є. Б. Шаповалов, Р. А. Тарасенко, А. І. Салюк

Аміак має великі перспективи в контексті переходу до безвуглецевої енергетики. Його можна використовувати як паливо в газових турбінах, паливних елементах, двигунах внутрішнього згорання і спалювати разом з вугіллям. Однак промислове виробництво аміаку базується на процесі Габера-Боша, який передбачає використання природного газу та вугілля, що у такому випадку не робить його дійсно безвуглецевим рішенням. У цьому дослідженні пропонується метод виробництва аміаку, який є екологічно чистим і не потребує використання викопного палива. Він базується на підході до регулювання концентрації амонійного азоту в біогазовому реакторі і полягає у сорбції аміаку з газової фази розчином моноамонійфосфату, одержанні діамонійфосфату та подальшому його нагріванні з виділенням аміаку. Розглянуто фактори, які впливають на вилучення аміаку з відходів, досліджено вплив температури на виділення аміаку з розчину діамонійфосфату, а також оцінена енергетична ефективність методу. Зі збільшенням температури збільшувалась і ступінь аміаку та ступінь регенерації сорбенту. У лабораторних умовах було витрачено 111 Дж/г аміаку енергії. Чим вище концентрація $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ у розчині, тим менше енергії потрібно для отримання одиниці маси аміаку. Загальна кількість аміаку, що виділяється, відрізняється залежно від температури. Регенерація сорбенту може бути здійснена з використанням теплової енергії, отриманої на когенераційній установці. Проведено оцінку можливості застосування даного методу для виробництва аміаку в промисловому масштабі шляхом аналізу шляхів застосування аміаку як палива. Потенціал виробництва аміаку в основних галузях тваринництва у Європі і США становить до 11482651,15 і 11582169,5 тонн в рік, відповідно. Використання даного рішення також дозволяє збільшити ефективність виробництва біогазу з відходів з високим вмістом азоту. Запропонований метод виробництва аміаку потенційно може посприяти розвитку безвуглецевої енергетики.

Ключові слова: виробництво аміаку, безвуглецева енергетика, метанова ферментація, амонійний азот, фосфати амонію.