

ABSTRACT AND REFERENCES

ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.225327

A METHOD FOR CALCULATING THE PARAMETERS OF THE SINE FILTER OF THE FREQUENCY CONVERTER, TAKING INTO ACCOUNT THE CRITERION OF STARTING CURRENT LIMITATION AND PULSE-WIDTH MODULATION FREQUENCY (p. 6–16)

Volodymyr Nerubatskyi

Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4309-601X>

Oleksandr Plakhtii

Limited Liability Company «VO OVEN», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0347-5656>

Denys Hordiienko

Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0347-5656>

Serhii Mykhalkiv

Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0425-6295>

Vasyl Ravluyk

Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4818-9482>

An analysis of the method for ensuring the sinusoidality of the output voltage in power generation systems with self-commutated voltage inverters under the requirements of the international standard IEEE-519 is presented.

In a number of programs, especially low-power generation systems, a low-cost solution is needed to provide the sinusoidal waveform of the output voltage with the total harmonic distortion of 5 %. This solution is to use two-level voltage inverters with an output sine LC filter. However, the feature of the sine filter with the frequency converter is that the PWM frequency affects the spectrum of higher harmonics of the output voltage. In addition, there is the starting current of the filter capacitor, which can disable the power switches of the voltage inverter.

The developed method for calculating the values of the LC filter with the two-level voltage inverter in the PWM mode is presented meeting the requirements of the international standard IEEE-519, taking into account the modulation frequency and limitation of the starting current of the filter capacitor.

To confirm the required quality of the output voltage of the two-level voltage inverter with the sine filter, an appropriate simulation model was created in the Matlab/Simulink computer simulation environment. The oscillograms and harmonic analysis of the input and output voltages of the sine filter, which showed the total harmonic distortion of 1.88 %, are presented.

A physical prototype of the investigated system was created on the basis of a 5.5 kW OVEN PChV203-5K5-V frequency converter (Ukraine). Using the SIGLENT SDS1104X-E oscilloscope (China), the real waveform and the results of the harmonic analysis of the sine filter output voltage, confirming the implementation of the necessary sinusoidality criteria, were obtained.

Keywords: self-commutated voltage inverter, power quality, total harmonic distortion, sine filter, power sources.

References

- Brynnolf, S., Taljegard, M., Grahn, M., Hansson, J. (2018). Electrofuels for the transport sector: A review of production costs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81 (2), 1887–1905. doi: <http://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.288>
- Capellán-Pérez, I., de Castro, C., Arto, I. (2017). Assessing vulnerabilities and limits in the transition to renewable energies: Land requirements under 100% solar energy scenarios. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 760–782. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.137>
- Miller, L. M., Keith, D. W. (2018). Observation-based solar and wind power capacity factors and power densities. *Environmental Research Letters*, 13 (10). doi: <http://doi.org/10.1088/1748-9326/aae102>
- Moran, E. F., Lopez, M. C., Moore, N., Muller, N., Hyndman, D. W. (2018). Sustainable hydropower in the 21st century. *PNAS*, 115 (47), 11891–11898. doi: <http://doi.org/10.1073/pnas.1809426115>
- Raugei, M., Sgouridis, S., Murphy, D. et. al. (2017). Energy Return on Energy Invested (ERoEI) for photovoltaic solar systems in regions of moderate insolation: A comprehensive response. *Energy Policy*, 102, 377–384. doi: <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.12.042>
- Ferroni, F., Guekos, A., Hopkirk, R. J. (2017). Further considerations to: Energy Return on Energy Invested (ERoEI) for photovoltaic solar systems in regions of moderate insolation. *Energy Policy*, 107, 498–505. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.05.007>
- Ansell, T., Cayzer, S. (2018). Limits to growth redux: A system dynamics model for assessing energy and climate change constraints to global growth. *Energy Policy*, 120, 514–525. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.05.053>
- Plakhtii, O. A., Nerubatskyi, V. P., Hordiienko, D. A., Tsybulnyk, V. R. (2019). Analysis of the energy efficiency of a two-level voltage source inverter in the overmodulation mode. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 4 (172), 68–72. doi: <http://doi.org/10.29202/nvngu/2019-4/9>
- Plakhtii, O., Nerubatskyi, V., Karpenko, N., Ananieva, O., Khoruzhevskyi, H., Kavun, V. (2019). Studying a voltage stabilization algorithm in the cells of a modular sixlevel inverter. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (8 (102)), 19–27. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.185404>
- Plakhtii, O. A., Nerubatskyi, V. P., Kavun, V. Y., Hordiienko, D. A. (2019). Active single-phase four-quadrant rectifier with improved hysteresis modulation algorithm. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 5, 93–98. doi: <https://doi.org/10.29202/nvngu/2019-5/16>
- Chaurasia, G. S., Singh, A. K., Agrawal, S., Sharma, N. K. (2017). A meta-heuristic firefly algorithm based smart control strategy and analysis of a grid connected hybrid photovoltaic/wind distributed generation system. *Solar Energy*, 150, 265–274. doi: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.03.079>
- Plakhtii, O., Nerubatskyi, V., Scherbak, Ya., Mashura, A., Khomenko, I. (2020). Energy efficiency criterion of power active filter in a three-phase network. 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), 165–170. doi: <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek51551.2020.9250073>
- Priyan, S. S., Ramani, K. (2013). Implementation of closed loop system for flying capacitor multilevel inverter with stand-alone Photovoltaic input. 2013 International Conference on Power, Energy and Control (ICPEC). doi: <https://doi.org/10.1109/icpec.2013.6527666>
- Chen, W., Sun, H., Gu, X., Xia, C. (2016). Synchronized Space-Vector PWM for Three-Level VSI With Lower Harmonic Distortion and Switching Frequency. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 31 (9), 6428–6441. doi: <https://doi.org/10.1109/tpel.2015.2499774>
- Plakhtii, O., Nerubatskyi, V., Khomenko, I., Tsybulnyk, V., Syniavskyi, A. (2020). Comprehensive Study Of Cascade Multilevel

- Inverters With Three Level Cells. 2020 IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS). doi: <https://doi.org/10.1109/ess50319.2020.9160258>
16. Kumari, B., Sankar, M. (2014). Modeling and individual voltage balancing control of modular multilevel cascade converter. *International Journal of Emerging Engineering Research and Technology*, 2 (1), 42–48.
 17. Sokol, Y., Ivakhno, V., Zamaraiev, V., Styslo, B. (2018). Full Soft Switching Dual DC/DC Converter With Four-Quadrant Switch for Systems With Battery Energy Storage System. 2018 IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS). doi: <https://doi.org/10.1109/ieps.2018.8559490>
 18. Maurya, S., Mishra, D., Singh, K., Mishra, A. K., Pandey, Y. (2019). An Efficient Technique to reduce Total Harmonics Distortion in Cascaded H- Bridge Multilevel Inverter. 2019 IEEE International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT). doi: <https://doi.org/10.1109/icecct.2019.8869424>
 19. Martinez-Rodrigo, F., Ramirez, D., Rey-Boue, A., de Pablo, S., Herrero-de Lucas, L. (2017). Modular Multilevel Converters: Control and Applications. *Energies*, 10 (11), 1709. doi: <https://doi.org/10.3390/en10111709>
 20. Gervasio, F., Mastromauro, R. A., Liserre, M. (2015). Power losses analysis of two-levels and three-levels PWM inverters handling reactive power. 2015 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT). doi: <https://doi.org/10.1109/icit.2015.7125248>
 21. Ganesh, P., Shanmugavadivu, N., Santha, K. (2018). Single-Phase 63-Level Modular Multilevel Inverter fed Induction Motor Drive for Solar PV Applications. 2018 4th International Conference on Electrical Energy Systems (ICEES). doi: <https://doi.org/10.1109/icees.2018.8443287>
 22. Kumar, S. S., Sasikumar, M. (2016). An approach of hybrid modulation in fusion seven-level cascaded multilevel inverter accomplishment to IM drive system. 2016 Second International Conference on Science Technology Engineering and Management (ICONSTEM). doi: <https://doi.org/10.1109/iconstem.2016.7560980>
 23. Ahmadzadeh, T., Sabahi, M., Babaei, E. (2017). Modified PWM control method for neutral point clamped multilevel inverters. 2017 14th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON). doi: <https://doi.org/10.1109/ecticon.2017.8096351>
 24. Plakhtii, O., Tsybulnyk, V., Nerubatskyi, V., Mittsel, N. (2019). The Analysis Of Modulation Algorithms and Electromagnetic Processes in a Five-Level Voltage Source Inverter with Clamping Diodes. 2019 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES). doi: <https://doi.org/10.1109/mees.2019.8896567>
 25. Ahmed, B., Aganah, K. A., Ndoye, M., Arif, M. A., Luciano, C., Murphy, G. V. (2017). Single-phase cascaded multilevel inverter topology for distributed DC sources. 2017 IEEE 8th Annual Ubiquitous Computing, Electronics and Mobile Communication Conference (UEMCON). doi: <https://doi.org/10.1109/uemcon.2017.8248980>
 26. Rajesh, B., Manjesh. (2016). Comparison of harmonics and THD suppression with three and 5 level multilevel inverter-cascaded H-bridge. 2016 International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT). doi: <https://doi.org/10.1109/iccpct.2016.7530116>
 27. Piao, C., Hung, J. Y. (2015). A novel SVPWM overmodulation technique for three-level NPC VSI. 2015 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC). doi: <https://doi.org/10.1109/itec.2015.7165744>
 28. Raval, K. Y., Ruvavara, V. J. (2018). Novel Multilevel Inverter Design with Reduced Device Count. 2018 International Conference on Current Trends Towards Converging Technologies (ICCTCT). doi: <https://doi.org/10.1109/icctct.2018.8550867>
 29. Gupta, K. K., Jain, S. (2013). A multilevel Voltage Source Inverter (VSI) to maximize the number of levels in output waveform. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 44 (1), 25–36. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2012.07.008>
 30. Tugay, D., Korneliuk, S., Akymov, V., Zhemerov, G. (2020). Localization of the Phase Voltage Measurement Location for Active Power Filter Controlling. 2020 IEEE 4th International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS). doi: <https://doi.org/10.1109/ieps51250.2020.9263137>
 31. Todkar, R. R., Shinde, S. M. (2016). A Solar Photovoltaic system for ATM by using Buck-Boost Integrated Full Bridge Inverter. 2016 2nd International Conference on Advances in Electrical, Electronics, Information, Communication and Bio-Informatics (AEEICB). doi: <https://doi.org/10.1109/aeicb.2016.7538304>
 32. Vdovin, V. V., Kotin, D. A., Pankratov, V. V. (2014). Parameters determination in the sine filters for AFE converters and VSI with PWM. 2014 15th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM). doi: <https://doi.org/10.1109/edm.2014.6882553>
 33. Kurwale, M. V., Sharma, P. G., Bacher, G. (2014). Performance analysis of modular multilevel converter (MMC) with continuous and discontinuous pulse width modulation (PWM). *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, 3 (2), 7463–7474.
 34. Schobre, T., Mallwitz, R. (2020). Automated Design Method for Sine Wave Filters in Motor Drive Applications with SiC-Inverters. 2020 22nd European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'20 ECCE Europe). doi: <https://doi.org/10.23919/epe20ecceurope43536.2020.9215952>
 35. Scherback, Y. V., Plakhtiy, O. A., Nerubatskiy, V. P. (2017). Control characteristics of active four-quadrant converter in rectifier and recovery mode. *Tekhnichna Elektrodynamika*, 6, 26–31. doi: <https://doi.org/10.15407/techned2017.06.026>
 36. Plakhtii, O., Nerubatskyi, V., Sushko, D., Hordiienko, D., Khoruzhevskiy, H. (2020). Improving the harmonic composition of output voltage in multilevel inverters under an optimum mode of amplitude modulation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (8 (104)), 17–24. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.200021>
 37. Tugay, D., Kolontaievskiy, Y., Korneliuk, S., Akymov, V. (2020). Comparison of the compensation quality for active power filter control techniques. 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), 236–241. doi: <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek51551.2020.9250092>
 38. Zhemerov, G., Ilina, N., Tugay, D. (2016). The theorem of minimum energy losses in three-phase four-wire energy supply system. 2016 2nd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS). doi: <https://doi.org/10.1109/ieps.2016.7521889>
 39. Mao, C., Zhu, Y., Li, Z., Ming, X. (2018). Design of LC bandpass filters based on silicon-based IPD Technology. 2018 19th International Conference on Electronic Packaging Technology (ICEPT). doi: <https://doi.org/10.1109/icept.2018.8480419>
 40. Munjer, M. A., Sheikh, M. R. I., Alim, M. A., Boddapati, V., Musib, M. A. (2018). Minimization of THD for Multilevel Converters with triangular injection approach. 2018 3rd International Conference for Convergence in Technology (I2CT). doi: <https://doi.org/10.1109/i2ct.2018.8529750>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.225350

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A NEW PORTABLE ROOF GUTTER FOR ELECTRICITY PRODUCTION (p. 17–24)

Omar Hussein Alwan

University of Baghdad, Baghdad, Iraq

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6078-4132>

Faiz. F. Mustafa

University of Baghdad, Baghdad, Iraq

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5036-904X>**Nebras H. Ghaeb**

University of Baghdad, Baghdad, Iraq

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9812-0718>**Ahmed H. Sabry**

University Tenaga Nasional, Selangor, Malaysia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2736-5582>

Despite a sufficient energy supply, harvesting energy from rainfall is essential for intelligent water management. A significant part is still untapped or little exploited, which is the renewable energy produced from rainwater. This paper proposes a portable gutter of the rainwater energy harvesting system to provide electricity that may be sufficient for powering lights and charging cell phones in rainy locations with limited electricity. A prototype is designed and tested to determine the feasibility of rainwater as a source of renewable energy. The aim is to minimize and respectively suspend the use of fossil energy sources, as well as decrease the percentage of pollution as it is a cause of global warming. The system prototype consisted of a gutter assembly that collected and funneled water from the roof to a downspout. The turbine was connected through a gearbox to a DC motor serving as the generator. The device is optimal during high rainfall intensities that produce larger flow rates. A smart algorithm has been applied, which is salutary to keep the system working and has the ability to control the flow of collected rainfall water. Also, this system is useful to install and use in the rural area where the national grids are not common and the level of rainfall is high. The applied system utilized and installed in more than one hundred premises can produce more than 4 kWh for one rain. In some countries such as Malaysia, the average number of rainy days is 250 days a year, so the use of this system in 100 premises can help to provide 80 MWh to the national grid yearly. The system is characterized by simplicity of design and lack of complexity in addition to ease of installation and cheapness, which is the basis for the availability of this system for use by everyone.

Keywords: renewable energy, roof gutter design, energy harvesting, rainfall water, booster circuit, controlled gate, gearbox, DC generator, rotated wheel, rural area.

References

- International Energy Outlook 2017. Overview. U.S. Energy Information Administration (EIA).
- Cipriani, G., Di Dio, V., Ricco Galluzzo, G. (2012). A photovoltaic system suitable for the battery pack charging of an electrically power assisted velocipede. *International Symposium on Power Electronics Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion*. doi: <https://doi.org/10.1109/speedam.2012.6264612>
- Di Dio, V., Franzitta, V., Muzio, F., Scaccianoce, G., Trapanese, M. (2009). The use of sea waves for generation of electrical energy and hydrogen. *MTS/IEEE Biloxi - Marine Technology for Our Future: Global and Local Challenges, OCEANS*.
- Di Dio, V., Favuzza, S., la Cascia, D., Miceli, R. (2007). Economical Incentives and Systems of Certification for the Production of Electrical Energy from Renewable Energy Resources. *2007 International Conference on Clean Electrical Power*. doi: <https://doi.org/10.1109/iccep.2007.384223>
- Hamidi, S. T., Mohammed, J. A.-K., Reda, L. M. (2018). Design and Implementation of an Automatic Control for Two Axis Tracking System for Applications of Concentrated Solar Thermal Power. *Al-Khwarizmi Engineering Journal*, 14 (4), 54–63. doi: <https://doi.org/10.22153/kej.2018.01.010>
- Urmee, T., Md, A. (2016). Social, cultural and political dimensions of off-grid renewable energy programs in developing countries. *Renewable Energy*, 93, 159–167. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.02.040>
- Mustafa, F. I., Shakir, S., Mustafa, F. F., Naiyf, A. T. (2018). Simple design and implementation of solar tracking system two axis with four sensors for Baghdad city. *2018 9th International Renewable Energy Congress (IREC)*. doi: <https://doi.org/10.1109/irec.2018.8362577>
- Majeed, M. H., Kareem, M. A., Ali, E. H. (2018). Construction and Characterization of Organic Solar Cell and Study the Operational Properties. *Al-Khwarizmi Engineering Journal*, 14 (3), 12–19. doi: <https://doi.org/10.22153/kej.2018.01.004>
- Mustafa, F. F., Hussein, O., Daham, S. R., Sabry, A. H. (2020). New treadmill design for energy harvesting. *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*, 43 (3), 64–74. Available at: [https://jmerd.net/Paper/Vol.43,No.3\(2020\)/64-74.pdf](https://jmerd.net/Paper/Vol.43,No.3(2020)/64-74.pdf)
- Iraqi Climate. Available at: <http://www.meteoseism.gov.iq/index.php>
- Obaid, N. M., Hashim, E. T., Kasim, N. K. (2020). Performance Analyses of 15 kW Grid-Tied Photo Voltaic Solar System Type under Baghdad city climate. *Journal of Engineering*, 26 (4), 21–32. doi: <https://doi.org/10.31026/j.eng.2020.04.02>
- Al-Karaghoul, A., Kazmerski, L. L. (2010). Optimization and life-cycle cost of health clinic PV system for a rural area in southern Iraq using HOMER software. *Solar Energy*, 84 (4), 710–714. doi: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2010.01.024>
- Kucukali, S. (2010). Municipal water supply dams as a source of small hydropower in Turkey. *Renewable Energy*, 35 (9), 2001–2007. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.01.032>
- Tester, J., Drake, E., Driscoll, M., Golay, M., Peters, W. (2016). *Sustainable Energy: Choosing Among Options*. The MIT Press, 1475.
- World Energy Resources 2016. World Energy Council. Available at: <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00478.pdf>
- Al-Timimi, Y. K., Al-Lami, A. M., Al-Shamarti, H. K. (2020). Calculation of the mean annual rainfall in Iraq using several methods in GIS. *Plant Archives*, 20 (2), 1156–1160. Available at: http://www.plant-archives.org/SPL%20ISSUE%2020-2/178__1156-1160_.pdf
- Helseth, L. E. (2016). Electrical energy harvesting from water droplets passing a hydrophobic polymer with a metal film on its back side. *Journal of Electrostatics*, 81, 64–70. doi: <https://doi.org/10.1016/j.elstat.2016.03.006>
- Tinaikar, A. (2013). Harvesting Energy from Rainfall. *International Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 2 (3), 130. doi: <https://doi.org/10.11648/j.ijrse.20130203.18>
- Viola, F., Romano, P., Miceli, R., Acciari, G. (2013). Harvesting rainfall energy by means of piezoelectric transducer. *2013 International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP)*. doi: <https://doi.org/10.1109/iccep.2013.6586952>
- Tang, Q., Duan, Y., He, B., Chen, H. (2016). Platinum Alloy Tailored All-Weather Solar Cells for Energy Harvesting from Sun and Rain. *Angewandte Chemie International Edition*, 55 (46), 14412–14416. doi: <https://doi.org/10.1002/anie.201608584>
- Detora, C., Griffen, K., Luiz, N., Soyly, B. Energy Harvesting from Rainwater. Available at: https://web.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-032118-144002/unrestricted/Rainwater_Energy_Harvesting_MQP_Final.pdf
- Truscott, T. T., Techet, A. H. (2009). Water entry of spinning spheres. *Journal of Fluid Mechanics*, 625, 135–165. doi: <https://doi.org/10.1017/s0022112008005533>
- Phutthavong, P., Hassan, I. (2004). Transient performance of flow over a rotating object placed eccentrically inside a microchannel – numerical study. *Microfluidics and Nanofluidics*, 1 (1), 71–85. doi: <https://doi.org/10.1007/s10404-004-0006-7>
- Virgil Petrescu, R. V., Aversa, R., Apicella, A., Petrescu, F. I. T. (2018). Dynamic Synthesis of a Classic, Manual Gearbox. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11 (2), 586–597. doi: <https://doi.org/10.3844/ajeassp.2018.586.597>

25. 4.1 - Manual gearbox. Available at: <https://www.zemekoni.org/files/Saab%20Service%20manuals/4.1%20-%20Manual%20gearbox.pdf>
26. DIY inverter with frequency adjust. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=zJ0-7pO6pRg>
27. Average precipitation in depth (mm per year) - Country Ranking. Available at: <https://www.indexmundi.com/facts/indicators/AG.LND.PRCP.MM/rankings>
28. Wong, C. L., Venneker, R., Uhlenbrook, S., Jamil, A. B. M., Zhou, Y. (2009). Variability of rainfall in Peninsular Malaysia. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 6, 5471–5503. doi: <https://doi.org/10.5194/hessd-6-5471-2009>
29. AL-Rijabo, W. I., Salih, H. M. (2013). Spatial and Temporal Variation of Rainfall in IRAQ. *IOSR Journal of Applied Physics*, 5 (4), 01–07. Available at: <http://www.iosrjournals.org/iosr-jap/papers/Vol5-issue4/A0540107.pdf>
30. List of the Power Consumption of Typical Household Appliances. Available at: <https://www.daftlogic.com/information-appliance-power-consumption.htm>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.225334

AN ANALYSIS OF TUBE THICKNESS EFFECT ON SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER (p. 25–35)

Krisdiyanto

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
Bantul Yogyakarta, Indonesia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6587-7343>

Rahmad Kuncoro Adi

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
Bantul Yogyakarta, Indonesia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1093-8003>

Sudarisman

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
Bantul Yogyakarta, Indonesia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7754-8232>

Sinin Bin Hamdan

Universiti Malaysia Sarawak, Sarawak, Malaysia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0005-8451>

Heat exchangers are important equipment for the process of placing heat. The most widely used type of heat exchanger is shell and tube. This type is widely used because of its simple and easy design. Design of shell and tube heat exchangers is done by the side or shell variations to get the desired performance. Therefore, research is conducted to study the effect of tube thickness on heat transfer, pressure drop, and stress that occurs in the shell and tube heat exchanger so that the optimal tube thickness is obtained.

In this research, the activities carried out are the design of heat exchangers for the production of oxygen with a capacity of 30 tons/day. The standard used in this study is the 9th edition heat exchanger design guidance document compiled by the Tubular Exchanger Manufacturer Association (TEMA). Analysis of the tube thickness effect on heat transfer, pressure drop, and stress was carried out using the SimScale platform.

The effect of variations in tube thickness on heat transfer is that the thicker the tube, the lower the heat transfer effectiveness. The highest value of the heat exchanger effectiveness is 0.969 at the tube thickness variation of 0.5 mm. The lowest value of the heat exchanger effectiveness is 0.931 at the tube thickness variation of 1.5 mm. The effect of variations in tube thickness on pressure drop is that the thicker the tube, the higher the pressure drop. The highest value of pressure drop is in the variation in tube thickness of 1.5 mm, 321 Pa. The lowest value of drop pressure is in the variation of 0.5 mm tube thickness, which is 203 Pa. The thickness

of the tube also increases the maximum stress on the components of the shell, head, tubesheet, baffle, and saddle, but the value is fluctuating.

Keywords: heat exchanger, pressure drop, heat transfer, stress analysis, tube thickness.

Reference

1. Sekulic, D. P. (1990). A reconsideration of the definition of a heat exchanger. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 33 (12), 2748–2750. doi: [https://doi.org/10.1016/0017-9310\(90\)90209-d](https://doi.org/10.1016/0017-9310(90)90209-d)
2. Qiu, B., Du, B., Huang, C., Chen, W., Yan, J., Wang, B. (2021). The numerical simulation of the flow distribution and flow-induced vibration analysis for intermediate heat exchanger in a pool-type fast breeder reactor. *Progress in Nuclear Energy*, 131, 103605. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2020.103605>
3. Prasad, A. K., Anand, K. (2020). Design & Analysis of Shell & Tube Type Heat Exchanger. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 9 (01), 524–539 doi: <https://doi.org/10.17577/ijertv9is010215>
4. Shirole, K. D., Rane, S. B., Naik, Y. (2013). Comparison of Design and Analysis of Tube sheet Thickness by Using UHX Code of ASME and TEMA Standard. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 4 (4), 105–117. Available at: <http://www.iaeme.com/MasterAdmin/UploadFolder/COMPARISON%20OF%20DESIGN%20AND%20ANALYSIS%20OF%20TUBE%20SHEET%20THICKNESS%20BY%20USING%20UHX%20CODE-2/COMPARISON%20OF%20DESIGN%20AND%20ANALYSIS%20OF%20TUBE%20SHEET%20THICKNESS%20BY%20USING%20UHX%20CODE-2.pdf>
5. Ozden, E., Tari, I. (2010). Shell side CFD analysis of a small shell-and-tube heat exchanger. *Energy Conversion and Management*, 51 (5), 1004–1014. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2009.12.003>
6. Mizutani, F. T., Pessoa, F. L. P., Queiroz, E. M., Hauan, S., Grossmann, I. E. (2003). Mathematical Programming Model for Heat-Exchanger Network Synthesis Including Detailed Heat-Exchanger Designs. 2. Network Synthesis. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 42 (17), 4019–4027. doi: <https://doi.org/10.1021/ie020965m>
7. Hasan, M. I., Rageb, A. A., Yaghoubi, M., Homayoni, H. (2009). Influence of channel geometry on the performance of a counter flow microchannel heat exchanger. *International Journal of Thermal Sciences*, 48 (8), 1607–1618. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2009.01.004>
8. Silaipillayarputhur, K., Khurshid, H. (2019). The Design of Shell and Tube Heat Exchangers - A Review. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, 9 (1), 87–102. doi: <https://doi.org/10.24247/ijmpedfeb201910>
9. Kapale, U. C., Chand, S. (2006). Modeling for shell-side pressure drop for liquid flow in shell-and-tube heat exchanger. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 49 (3-4), 601–610. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2005.08.022>
10. Xu, S., Wang, W. (2013). Numerical investigation on weld residual stresses in tube to tube sheet joint of a heat exchanger. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 101, 37–44. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpvp.2012.10.004>
11. Li, F., Xing, J., Liu, Y. (2011). Thermal Analysis and Stress Analysis of the Heat-Exchange Pipe Based on ANSYS. 2011 Fourth International Conference on Information and Computing, 283–285. doi: <https://doi.org/10.1109/icic.2011.137>
12. Li, Z.-H., Jiang, P.-X., Zhao, C.-R., Zhang, Y. (2010). Experimental investigation of convection heat transfer of CO₂ at supercritical pressures in a vertical circular tube. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 34 (8), 1162–1171. doi: <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2010.04.005>

13. Ereğ, A., Özerdem, B., Bilir, L., İlken, Z. (2005). Effect of geometrical parameters on heat transfer and pressure drop characteristics of plate fin and tube heat exchangers. *Applied Thermal Engineering*, 25 (14-15), 2421–2431. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2004.12.019>
14. Saberimoghaddam, A., Abadi, M. M. B. R. (2017). Parasitic Effect of Tube Wall Longitudinal Heat Conduction on Cryogenic Gas Temperature. *Iranian Journal of Chemical Engineering (IJChE)*, 14 (1), 15–25.
15. Noh, J.-H., Kwak, D.-B., Yook, S.-J. (2017). Effects of wall thickness and material property on inverse heat conduction analysis of a hollow cylindrical tube. *Inverse Problems in Science and Engineering*, 26 (9), 1305–1325. doi: <https://doi.org/10.1080/17415977.2017.1400027>
16. Hu, W., Jia, P., Nie, J., Gao, Y., Zhang, Q. (2018). A Fast Prediction Model for Heat Transfer of Hot-Wall Heat Exchanger Based on Analytical Solution. *Applied Sciences*, 9 (1), 72. doi: <https://doi.org/10.3390/app9010072>
17. Ravagnani, M. A. S. S., Caballero, J. A. (2007). A MINLP Model for the Rigorous Design of Shell and Tube Heat Exchangers Using the Tema Standards. *Chemical Engineering Research and Design*, 85 (10), 1423–1435. doi: [https://doi.org/10.1016/s0263-8762\(07\)73182-9](https://doi.org/10.1016/s0263-8762(07)73182-9)
18. Farr, J. R., Jawad, M. H. (2010). *Guidebook for the Design of ASME Section VIII Pressure Vessels*. ASME Press, 344. doi: <https://doi.org/10.1115/1.859520>
19. Liang, Q. Q. (2005). *Performance-Based Optimization of Structures. Theory and Applications*. CRC Press. doi: <https://doi.org/10.1201/9781482265521>
20. Bichkar, P., Dandgaval, O., Dalvi, P., Godase, R., Dey, T. (2018). Study of Shell and Tube Heat Exchanger with the Effect of Types of Baffles. *Procedia Manufacturing*, 20, 195–200. doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.028>
21. Schmelter, S., Olbrich, M., Schmeier, E., Bär, M. (2020). Numerical simulation, validation, and analysis of two-phase slug flow in large horizontal pipes. *Flow Measurement and Instrumentation*, 73, 101722. doi: <https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2020.101722>
22. Franck, H., Franck, D. (2012). *Forensic engineering fundamentals*. CRC Press, 487. doi: <https://doi.org/10.1201/b13690>
23. Bergman, T. L., Lavine, A. S., Incropera, F. P., Dewitt, D. P. (2011). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. Wiley, 1080.
24. Khurmi, R., Gupta, J. (2005). *A Textbook of Machine design*. Ram Naga: Eurasia Publishing House (PVT.) LTD.
25. Beyers, W. A., Zapke, A., Venter, G. (2015). Improved Cover Type Header Box Design Procedure. *R & D Journal of the South African Institution of Mechanical Engineering*, 31, 76–85.
26. Alkhakani, A. J., Adam, N. M., Hairuddin, A. A., Alsabahi, H. K. (2015). Effect of Tube Thickness for Shell and Tube Heat Exchanger in Portable Solar Water Distiller. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 4 (11), 37–42.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.225330

IMPROVEMENT OF METHODS FOR CALCULATING THERMAL CHARACTERISTICS OF LOOP AIR HEATERS (p. 36–43)

Volodymyr Yurko

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8259-3169>

Anton Ganzha

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3967-2421>

Oleksandr Tarasenko

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7480-2917>

Larysa Tiutiunyk

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3128-497X>

Utilization of heat from gases leaving the waelz process is a promising way to increase its energy efficiency and environmental safety. Taking into account the gas dustiness, the most rational is the use of a loop air heater, which is a multi-pass and multi-section heat exchanger with a complex mixed scheme of coolant movement. In modern conditions, when the methods and means of calculation of such devices are simplified, the task of obtaining improved methods and means of calculation, determining the efficiency and reliability of their work is relevant.

Two mathematical models of the process of heat transfer and hydroaerodynamics in a multi-pass tubular air heater with a cross-circuit of coolants are used. The developed models for the loop air heater are based on the main methods of thermal calculation: a simpler method of correction factor to the average logarithmic temperature pressure and a discrete P-NTU method, which allows obtaining local thermal characteristics of the surface. Diagrams of distribution of heat transfer coefficients, heat transfer, local temperatures of flue gases, air and pipe walls are constructed. The influence of dust and dust particle size on heat transfer is determined. When the flue gas dust is 50 g/Nm³ and with a dust particle size of 1 μm, the heat transfer coefficient increases by 12 %. The application of the air heater design with different schemes of coolant movement is substantiated.

The developed universal methods allow determining the thermal productivity of heat exchangers and obtaining the distribution of local temperature characteristics on the heating surface. It is also possible to identify places of possible overheating of the heat exchange surface and the course of corrosion processes, taking into account the design of recuperators, operating conditions, operating modes and different schemes of coolant movement.

Keywords: loop air heater (heat recovery), P-NTU-method, correction factor method, discrete (interval) calculation, cross-circuit of coolant motion, energy efficiency.

References

1. Enerhetychna stratehiia Ukrainy na period do 2035 r. “Bezpeka, enerhoefektyvnist, konkurentospromozhnist” (2017). Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy No. 605-r. 18.08.2017. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>
2. Kompleksnii podkhod k energoefektivnomu proizvodstvu (2012). *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (1 (57)), 38–45.
3. Soroka, B. S., Vorobyov, N. V., Zgurskyi, V. A. (2013). Modern State and Efficient Analysis of Heat Recovery in Fuel Furnaces Using High Temperature Recuperators. Part 1. *Energetika. Proceedings of CIS higher education institutions and power engineering associations*, 3, 60–68.
4. Klymchuk, O., Denysova, A., Shramenko, A., Borysenko, K., Ivanova, L. (2019). Theoretical and experimental investigation of the efficiency of the use of heat-accumulating material for heat supply systems. *EUREKA: Physics and Engineering*, 3, 32–40. doi: <http://doi.org/10.21303/2461-4262.2019.00901>
5. Zlotin, V. E., Zlotin, D. V., Kalinin, N. M. (2011). *Effektivnye reku-peratory tepla novogo pokoleniia*. Available at: http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2428

6. Timoshpolskii, V. I.; Timoshpolskii, V. I., Gubinskii, V. I. (Eds) (2007). Raschety rekuperatorov promyshlennykh pechei metallurgicheskogo i mashinostroitel'nogo proizvodstv. Metallurgicheskie pechi. Teoriia i raschety. Vol. 2. Minsk, 7–61.
7. Klymchuk, O., Denysova, A., Mazurenko, A., Balasarian, G., Tsurkan, A. (2018). Construction of methods to improve operational efficiency of an intermittent heat supply system by determining conditions to employ a standby heating mode. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (8 (96)), 25–31. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.148049>
8. Ryzhavskiy, A. Z., Stalinskiy, D. V., Zymohliad, A. V., Yurko, V. V. (2017). Pat. No. 118988 UA. Kompleks pererobky syrovyny, shcho mistyt spoluky tsynku ta svyntsiu. MPK S22V7/00, S22V19/38. No. u201700817; declared: 30.01.17; published: 11.09.17, *Bul. No. 17, 8*.
9. Iurko, V. V., Ganzha, A. N. (2019). Metodika rascheta teplovykh protsessov v petlevom teploobmennom apparate pri zapylennom greiuschem teplonositele. *Ekologiya i promyshlennost*, 2 (59), 43–50. Available at: <http://energostal.kharkov.ua/zhurnal/231/232/2160>
10. Petukhov, B. S., Shikov, V. K. (Ed.) (1987). *Spravochnik po teploobmennikam*. Vol. 1. Moscow: Energoatomizdat, 560.
11. Thulukkanam, K. (2013). *Heat Exchanger Design Handbook*. Taylor & Francis Group, LLC, 1260. doi: <http://doi.org/10.1201/b14877>
12. Shah, R. K., Sekulic, D. P. (2003). *Fundamentals of Heat Exchanger Design*. Hoboken: Wiley, 976. doi: <http://doi.org/10.1002/9780470172605>
13. Silaipillayarputhur, K., Idem, S. (2013). A general Matrix Approach to model steady state performance of cross flow heat exchangers. *Heat Transfer Engineering*, 34 (4), 338–348. doi: <http://doi.org/10.1080/01457632.2013.716347>
14. Navarro, H. A., Cabezas-Gómez, L. C. (2007). Effectiveness-ntu computation with a mathematical model for cross-flow heat exchangers. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 24 (4), 509–521. doi: <http://doi.org/10.1590/s0104-66322007000400005>
15. Navarro, H. A., Cabezas-Gómez, L. (2005). A new approach for thermal performance calculation of cross-flow heat exchangers. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 48 (18), 3880–3888. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2005.03.027>
16. Cabezas-Gómez, L., Aparecido Navarro, H., Maria Saiz-Jabardo, J. (2006). Thermal Performance of Multipass Parallel and Counter-Cross-Flow Heat Exchangers. *Journal of Heat Transfer*, 129 (3), 282–290. doi: <http://doi.org/10.1115/1.2430719>
17. Incropera, F. P., Dewitt, D. P., Bergman, T. L., Lavine, A. S. (2006). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
18. Bergman, T. L., Lavine, A. S., Incropera, F. P., Dewitt, D. P. (2011). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
19. *Teplovoi raschet kotlov (Normativnii metod)* (1998). Saint Petersburg: Izdatelstvo NPO TSKTI, 256.
20. Yurko, V. V., Hanzha, A. M. Rozrobka matematychnoi modeli komponuvannia petlevoho povitronahrivacha pry zapylenykh dymovykh hazakh ta analiz efektyvnosti. *Enerhetychni i teplotekhnichni protsesy i ustatkuvannia*.
21. Ilchenko, O. T. (1985). *Teploispolzuiuschie ustanovki promyshlennykh predpriatii*. Kharkiv: Vischa shkola, 384.
22. Isachenko, V. P., Osipova, V. A., Sukomel, A. S. (1975). *Teploperedacha*. Moscow: Energiia, 384.
23. Hanzha, A. M., Zaiets, O. M., Marchenko, N. A., Kollarov, O. Yu., Niemtsev, E. M. (2017). *Metodyka rozrakhunku skladnykh teploobminnykh aparativ z perekhresnym ta zmishanym plynom teplosiiv*. Actual problems of power engineering, construction and environmental engineerig. *Kielce*, 41–47.
24. Kreith, F., West, R. E. (1996). *CRC Handbook of Energy Efficiency*. CRC Press Reference, 1113.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.225269

DESIGN OF A COMBINED BURNER BASED ON THE PATTERNS OF INTERACTION BETWEEN AN EXTERNAL SWIRLING JET AND AN AXIAL DIRECT-FLOW JET (p. 44–51)

Oleksandr KlymchukOdessa National Polytechnic University, Odessa, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5207-7259>**Alla Denysova**Odessa National Polytechnic University, Odessa, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3906-3960>**Nikita Zaitsev**Odessa National Polytechnic University, Odessa, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2845-6619>**Nadija Lozhечznikova**Odessa National Polytechnic University, Odessa, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2763-6757>**Krystyna Borysenko**Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture,
Odessa, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6179-6271>

The issue of providing fuel and energy resources to the population depends to a large extent on the wear of thermal networks, as well as heat-generating equipment, which, accordingly, forces the consumer to abandon the centralized heating supply in favor of decentralized supply. However, low-power heat-generating units for autonomous consumers do not most of the time operate under the rated mode.

The most promising way to solve the issue of energy conservation is to improve the utilization rate of fuel and energy resources in heat-generating units for decentralized heating systems that operate under non-stationary regimes.

An experimental study of the velocity field of interaction between the coaxial axial direct-flow and external swirling jets has established that the performance efficiency of a heat-generating plant at a change in the thermal load could be improved by controlling the resulting velocity field. For a more even distribution of temperature within the furnace volume, it has been proposed to supply fuel with an oxidizer in the furnace by the axial direct-flow and swirling coaxial jets.

It was revealed that at a distance of 2 diameters of the axial branch pipe from the cut there occurs a transverse toroidal vortex. The appearance of such a vortex is explained by the emergence of low-pressure regions due to the different angles of opening of the swirling outer jet and axial direct-flow jet. The considered dependence of change in the gas flow rate at a decrease in power has demonstrated that the gas flow rate in the proposed burner is less than that in analogs (vortex burner or direct-flow burner) by 10–15 % when the power of the burner is reduced. At the same time, the specified advantage is limited to the range of the burner's power of 50–130 kW.

The results reported confirm the possibility of controlling the velocity field and temperature distribution when the total fuel and oxidizer flow rate changes within the operational range of low-power heat-generating plants. The correspondence between the temperature field and the velocity field in the interaction of non-isothermal jets has also been shown.

Keywords: burners, low pressure, pre-mixing, gas fuel, heat-generating plants.

References

1. Averkova, O. A., Logachev, I. N., Logachev, K. I., Zaytsev, O. N. (2017). Cross-flow of air through sealed elevator enclosures. V International Conference on Particle-Based Methods: Fundamentals and Applications, 33–44. Available at: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/186969/Particles_2017-02_Cross-flow%20of%20air%20through.pdf?sequence=1&isAllowed=y
2. Zaytsev, O., Lapina, E. (2017). Increasing the efficiency of the condensing boiler. *Journal of Physics: Conference Series*, 891, 012170. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/891/1/012170>
3. Penot, F., Pavlović, M. D. (2010). Experimental Study of Non-Isothermal Diverging Swirling and Non-Swirling Annular Jets with Central Aspiration. *International Journal of Ventilation*, 8 (4), 347–357. doi: <https://doi.org/10.1080/14733315.2010.11683858>
4. Zaytsev, O. N., Tsopa, N. V., Stepancova, N. A. (2018). Processes of Precession and Nutation in Swirling Interacting Gas Jets. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 463, 032053. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/463/3/032053>
5. Kryzhanovskiy, Yu. V., Kryzhanovskiy, V. N. (2012). *Struktura i raschet gazovogo fakela*. Kyiv: «Osvita Ukrainy», 96.
6. Shtym, A. N., Shtym, K. A., Dorogov, E. Y. (2012). Boiler installations with cyclone pretoptacks. Publishing House Dalnevost. federal. un-ta, 421.
7. Gupta, A., Lilli, D., Sayred, N. (1987). *Zakruchennye potoki*. Moscow: Mir, 588.
8. Boyaghchi, F. A., Molaie, H. (2015). Investigating the effect of duct burner fuel mass flow rate on exergy destruction of a real combined cycle power plant components based on advanced exergy analysis. *Energy Conversion and Management*, 103, 827–835. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.07.008>
9. Klymchuk, O., Denysova, A., Shramenko, A., Borysenko, K., Ivanova, L. (2019). Theoretical and experimental investigation of the efficiency of the use of heat-accumulating material for heat supply systems. *EUREKA: Physics and Engineering*, 3, 32–40. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2019.00901>
10. Klymchuk, A. A., Lozhechnikov, V. F., Mykhailenko, V. S., Lozhechnikova, N. V. (2019). Improved Mathematical Model of Fluid Level Dynamics in a Drum-Type Steam Generator as a Controlled Object. *Journal of Automation and Information Sciences*, 51(5), 65–74. doi: <https://doi.org/10.1615/jautomatinfscien.v51.i5.60>
11. Mazurenko, A., Denysova, A., Balasarian, G., Klymchuk, O., Tsurkan, A. (2018). Construction of methods to improve operational efficiency of an intermittent heat supply system by determining conditions to employ a standby heating mode. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (8 (96)), 25–31. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.148049>
12. Myroniuk, K., Voznyak, O., Yurkevych, Y., Gulay, B. (2020). Technical and Economic Efficiency After the Boiler Room Renewal. *Proceedings of EcoComfort 2020*, 311–318. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-57340-9_38

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.225327

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ СИНУСНОГО ФІЛЬТРА ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЧАСТОТИ, ЩО ВРАХОВУЄ КРИТЕРІЙ ОБМЕЖЕННЯ ПУСКОВОГО СТРУМУ ТА ЧАСТОТУ ШИРОТНО-ІМПУЛЬСНОЇ МОДУЛЯЦІЇ (с. 6–16)

В. П. Нерубацький, О. А. Плахтій, Д. А. Гордієнко, С. В. Михалків, В. Г. Равлюк

Представлено аналіз методу забезпечення синусоїдальності вихідної напруги в системах генерації електроенергії з автономними інверторами напруги згідно з вимогами міжнародного стандарту IEEE–519.

У ряді програм, особливо малопотужних систем генерації електроенергії, необхідне недороге (LOWCOST) рішення, що дозволяє забезпечити синусоїдальну форму вихідної напруги з коефіцієнтом гармонічних спотворень 5 %. Таким рішенням є використання дворівневих інверторів напруги з вихідним синусним LC-фільтром. Проте особливостями роботи синусного фільтра з перетворювачем частоти є те, що частота ШІМ впливає на спектр вищих гармонік вихідної напруги. Крім того, присутня наявність пускового струму конденсатора фільтра, який може вивести зі строю силові ключі інвертора напруги.

Представлено розроблену методику розрахунку номіналів LC-фільтра з дворівневим інвертором напруги в режимі ШІМ із забезпеченням вимог міжнародного стандарту IEEE–519 з урахуванням частоти модуляції та обмеження величини пускового струму конденсатора фільтра.

Для підтвердження забезпечення необхідної якості вихідної напруги дворівневого інвертора напруги з синусним фільтром в середовищі комп'ютерного моделювання Matlab/Simulink було створено відповідну імітаційну модель. Наведено осцилограми і гармонічний аналіз вхідних і вихідних напруг синусного фільтра, який показав значення коефіцієнта гармонічних спотворень 1,88 %.

Створено фізичний прототип досліджуваної системи на базі перетворювача частоти ОВЕН ПЧВ203–5К5–В (Україна) потужністю 5,5 кВт. За допомогою осцилографа SIGLENT SDS1104X–E (КНР) отримано реальну форму та результати гармонічного аналізу вихідної напруги синусного фільтра, які підтверджують реалізацію необхідних критеріїв синусоїдальності форми.

Ключові слова: автономний інвертор напруги, якість електроенергії, коефіцієнт гармонічних спотворень, синусний фільтр, дже-рела енергії.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.225350

ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА НОВОЇ ПОРТАТИВНОЇ КАРНИЗНОЇ РИНВИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ (с. 17–24)

О. Hussein, Faiz. F. Mustafa, Nebras H. Ghaeb, Ahmed H. Sabry

Незважаючи на достатню кількість енергоресурсів, збір енергії з опадів має важливе значення для розумного управління водними ресурсами. Значна частина досі не освоєна або мало використовується, а саме поновлювані джерела енергії, одержувані з дощової води. У даній статті пропонується портативна ринва системи збору енергії дощової води для отримання електрики, якої може бути достатньо для живлення ліхтарів і зарядки мобільних телефонів в дощових місцевостях з обмеженим електропостачанням. Розроблений і випробований прототип для визначення доцільності використання дощової води в якості джерела відновлюваної енергії. Мета полягає в тому, щоб звести до мінімуму і відповідно призупинити використання викопних джерел енергії, а також знизити відсоток забруднення, оскільки воно є причиною глобального потепління. Прототип системи складався з ринви, яка збирала і відводила воду з даху в водостічну трубу. До двигуна постійного струму, який служив генератором, через редуктор була підключена турбіна. Використання пристрою оптимально під час сильних опадів, які виробляють великі швидкості потоку. Був застосований розумний алгоритм, який допомагає підтримувати роботу системи і дозволяє контролювати потік зібраної дощової води. Крім того, цю систему можна встановлювати і використовувати в сільській місцевості з низьким рівнем електрифікації і високим рівнем опадів. При використанні і встановленні більш ніж в ста приміщеннях, система може виробляти більше 4 кВт-год за один дощ. У деяких країнах, таких як Малайзія, середня кількість дощових днів становить 250 днів на рік, тому використання цієї системи в 100 приміщеннях може забезпечити щорічну подачу 80 МВт-год в національну мережу. Система характеризується простотою конструкції, а також простотою установки і низькою вартістю, що є основою доступності даної системи для використання всіма бажаними.

Ключові слова: відновлювані джерела енергії, конструкція карнизної ринви, збір енергії, дощова вода, контур посилення, керований затвор, редуктор, генератор постійного струму, обертове колесо, сільська місцевість.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.225334

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТОВЩИНИ ТРУБ НА КОЖУХОТРУБНИЙ ТЕПЛОБІМІННИК (с. 25–35)

Krisdiyanto, Rahmad Kuncoro Adi, Sudarisman, Sinin bin Hamdan

Теплообмінники є важливим обладнанням для процесу відведення тепла. Найбільш поширеним типом теплообмінника є кожухотрубний. Цей тип широко використовується завдяки своїй простій конструкції. Для досягнення бажаної продуктивності конструкція кожухотрубних теплообмінників виконується зі змінами сторін або кожуха. Тому для отримання оптимальної товщини труб проводяться дослідження з вивчення впливу товщини труб на теплопередачу, перепад тиску і напругу, що виникає в кожухотрубному теплообміннику.

В рамках даного дослідження проводяться роботи з проектування теплообмінників для виробництва кисню продуктивністю 30 т/добу. Стандартом, що використовується в даному дослідженні, є 9-е видання посібника з проектування теплообмінників, складене Асоціацією виробників трубчастих теплообмінників (ТЕМА). Аналіз впливу товщини труб на теплопередачу, перепад тиску і напругу проводився з використанням платформи SimScale.

Вплив зміни товщини труб на теплопередачу полягає в тому, що чим товща труба, тим нижче ефективність теплопередачі. Найбільше значення ефективності теплообмінника становить 0,969 при зміні товщини труб на 0,5 мм. Найменше значення ефективності теплообмінника становить 0,931 при зміні товщини труб на 1,5 мм. Вплив зміни товщини труб на перепад тиску полягає в тому, що чим товще труба, тим вище перепад тиску. Найбільше значення перепаду тиску спостерігається при зміні товщини труб на 1,5 мм, 321 Па. Найменше значення перепаду тиску спостерігається при зміні товщини труб на 0,5 мм, що становить 203 Па. Товщина труб також збільшує максимальну напругу на компонентах кожуха, головки, трубної решітки, перегородки і сідлових опор, але це значення коливається.

Ключові слова: теплообмінник, перепад тиску, теплопередача, аналіз напруг, товщина труб.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.225330

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕТЛЕВИХ ПОВІТРОНАГРІВАЧІВ (с. 36–43)

В. В. Юрко, А. М. Ганжа, О. М. Тарасенко, Л. І. Тютюник

Утилізація теплоти газів, які відходять після вельц-процесу, є перспективним напрямом підвищення його енергоефективності та екологічної безпеки. З урахуванням запиленості газів найбільш раціональним є використання петлевого повітрянагрівача, який є багатоходовим та багатосекційним теплообмінником зі складною змішаною схемою руху теплоносіїв. В сучасних умовах, коли методи та засоби розрахунків таких апаратів є спрощеними, задача одержання уточнених методів і засобів розрахунків, визначення ефективності та надійності їх роботи є актуальною.

Використано дві математичні моделі процесу теплопередачі та гідроаеродинаміки в багатоходовому трубчастому повітрянагрівачі з перехресною схемою руху теплоносіїв. Розроблені моделі для петлевого повітрянагрівача базуються на основних методах теплового розрахунку: більш простому методі поправкового коефіцієнта до середньологарифмічного температурного напору та дискретному P-NTU методі, який дозволяє одержати локальні теплові характеристики поверхні. Побудовано діаграми розподілу коефіцієнтів тепловіддачі, теплопередачі, локальних температур димових газів, повітря та стінок труб. Визначено вплив запиленості та розміру пилових частинок на теплопередачу. При запиленості димових газів 50 г/Нм³ і з розміром пилових частинок 1 мкм коефіцієнт теплопередачі зростає на 12 %. Обґрунтовано застосування конструкції повітрянагрівача з різними схемами руху теплоносіїв.

Розроблені універсальні методи дозволяють визначити теплову продуктивність теплообмінників та одержати розподіл локальних температурних характеристик по поверхні нагріву. Також є можливість виявити місця можливого перегріву поверхні теплообміну та протікання процесів корозії з урахуванням конструкції рекуператорів, умов експлуатації, режимів роботи та різних схем руху теплоносіїв.

Ключові слова: петлевий повітрянагрівач (теплоутилізатор), P-NTU-метод, метод поправкового коефіцієнту, дискретний (інтервальний) розрахунок, перехресна схема руху теплоносіїв, енергоефективність.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.225269

РОЗРОБКА КОМБІНОВАНЬОГО ПАЛЬНИКА НА ОСНОВІ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВЗАЄМОДІЇ ЗОВНІШНЬОЇ ЗАКРУЧЕНОЇ З ОСЬОВОЇ ПРЯМОТОЧНОЇ СТРУМЕНІВ (с. 44–51)

О. А. Климчук, А. Є. Денисова, М. О. Зайцев, Н. В. Ложечникова, К. І. Борисенко

Проблема забезпечення населення паливно-енергетичними ресурсами залежить в значній мірі від зношеності теплових мереж, теплогенеруючого обладнання що, відповідно, змушує споживача відмовлятися від централізованого теплопостачання на користь децентралізованого. Проте теплогенеруючі установки малої потужності для автономних споживачів більшу частину часу працюють не в номінальному режимі.

Найбільш перспективним шляхом вирішення проблеми енергозбереження є збільшення коефіцієнта використання паливно-енергетичних ресурсів в теплогенеруючих установках для децентралізованих систем теплопостачання, які працюють в нестационарних режимах.

Експериментальне дослідження поля швидкості взаємодії коаксіальних осьової прямої і зовнішньої закрученої струменів виявило, що підвищення ефективності роботи теплогенеруючої установки при зміні теплового навантаження можливо за рахунок керування результуючим полем швидкості. Для більш рівномірного розподілу температури за обсягом топки запропоновано виконувати подачу палива з окиснювачем в топку осьової прямої і закрученої коаксіальної струменями.

Виявлено, що на відстані 2-х діаметрів осьового патрубку від зрізу з'являється поперечний вихрове кільце. Виникнення такого вихору пояснюється появою областей зниженого тиску внаслідок різних кутів розкриття закрученої зовнішньої струменя і осьової прямої. Розглянута залежність зміни витрати газу при зміні потужності виявила, що витрата газу в запропонованій пальнику менше аналогів (вихровий пальнику або прямої) на 10–15 % при зниженні потужності пальника. При цьому, вказане перевага обмежена діапазоном потужності пальника 50–130 кВт.

Отримані результати підтверджують можливість управління полем швидкості і розподілом температури при зміні сумарної витрати палива і окиснювача в діапазоні роботи теплогенеруючих установок малої потужності. Також показано відповідність температурного поля швидкісного при взаємодії неізотермічних струменів.

Ключові слова: пальники, низький тиск, попереднє змішання, газове паливо, теплогенеруючі установки.