

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.289006
ESTIMATION OF ELECTRON DENSITY,
TEMPERATURE AND ELECTRICAL
CHARACTERIZATION OF SILICA SEEDED ARC
PLASMA AT ATMOSPHERIC PRESSURE (p. 6–14)

Vijay Kumar Jha

Tribhuvan University, Kathmandu, Nepal
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9003-6239>

Lekha Nath Mishra

Tribhuvan University, Lalitpur, Nepal
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3892-4570>

Bijoyendra Narayan

Babasaheb Bhimrao Ambedkar
 Bihar University, Muzaffarpur, India
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9680-3496>

Saddam Husain Dhobi

Tribhuvan University, Kathmandu, Nepal
 Nepal Academy of Science and Technology, Lalitpur, Nepal
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6425-7647>

Arun Kumar Shah

Tribhuvan University, Kathmandu, Nepal
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0465-934X>

Susmita Jha

Tribhuvan University, Kathmandu, Nepal
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3963-6681>

Plasma technology stands at the forefront of numerous industrial applications, offering versatile solutions from materials processing to aerospace engineering. This study employs a single Langmuir probe technique operating at atmospheric pressure to scrutinize the transformative impact of silica seeding on low-temperature arc plasma. The investigation unveils a dynamic interplay of electrons and ions within the plasma, unveiling key electrical properties. The I–V electrical properties of the arcs plasma before seeding, having a floating voltage of –39 V, demonstrate electron and ion currents for varied probe voltages. The electrons' density is calculated to be $2.11 \times 10^{13} \text{ m}^{-3}$, and the electrons' temperature is at 6.25 eV. The I–V characteristics show a floating potential of about –35 V and –37 V after seeding an arc plasma using silica in the presence of aluminum oxide (2% by weight) powder and grain, respectively. After seeding, it is discovered that the electron temperature falls to 1.18 eV for powder while 1.16 eV for grain and electron density rises to $2 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}$ for powder and $1.84 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}$ for grain. In addition, a notable fall in electron temperature and a discernible rise in electron density are seen. This non-equilibrium behavior is related to silica's catalytic function, which is enhanced by the presence of aluminum oxide. Additionally, increased ionizing activity brought on by inelastic electron collisions causes the electron temperatures in the silica-seeded arcs plasma to rise with discharge voltage. These findings can be essential for enhancing plasma-based technologies in a variety of industrial applications because they provide insightful information on how silica seeding affects arc plasma properties.

Keywords: arc discharge, silica seeding, electron density, electron temperature, Langmuir probes.

References

1. Shah, A. K., Shrestha, R., Sah, R. L., Nakarmi, J. J., Mishra, L. N. (2022). Experimental study of dielectric barrier discharge in an

- atmospheric air pressure and its electrical characterization. *JP Journal of Heat and Mass Transfer*, 30, 135–150. doi: <https://doi.org/10.17654/0973576322060>
2. Dolai, B., Prajapati, R. P. (2017). Rayleigh-Taylor instability and internal waves in strongly coupled quantum plasma. *Physics of Plasmas*, 24 (11). doi: <https://doi.org/10.1063/1.5000414>
3. Thakur, G., Khanal, R., Narayan, B. (2019). Characterization of Arc Plasma by Movable Single and Double Langmuir Probes. *Fusion Science and Technology*, 75 (4), 324–329. doi: <https://doi.org/10.1080/15361055.2019.1579623>
4. Mishra, L. N., Shibata, K., Ito, H., Yugami, N., Nishida, Y. (2003). Characteristics of electron cyclotron resonance plasma generated in a rectangular waveguide by high-power microwave. *Review of Scientific Instruments*, 75 (1), 84–89. doi: <https://doi.org/10.1063/1.1630858>
5. Brockhaus, A., Borchardt, C., Engemann, J. (1994). Langmuir probe measurements in commercial plasma plants. *Plasma Sources Science and Technology*, 3 (4), 539–544. doi: <https://doi.org/10.1088/0963-0252/3/4/011>
6. Ben Salem, D., Carton, O., Fakhouri, H., Pulpytel, J., Arefi-Khonsari, F. (2014). Deposition of Water Stable Plasma Polymerized Acrylic Acid/MBA Organic Coatings by Atmospheric Pressure Air Plasma Jet. *Plasma Processes and Polymers*, 11 (3), 269–278. doi: <https://doi.org/10.1002/ppap.201300064>
7. Shakya, A., Baniya, H. B., Pradhan, S. P., Basnet, N., Adhikari, R., Subedi, D. P., Regmi, S. (2022). Cold Plasma as a Practical Approach to Cancer Treatment. *Plasma Medicine*, 12 (4), 57–73. doi: <https://doi.org/10.1615/plasmamed.2023047628>
8. Olszewski, P., Li, J. F., Liu, D. X., Walsh, J. L. (2014). Optimizing the electrical excitation of an atmospheric pressure plasma advanced oxidation process. *Journal of Hazardous Materials*, 279, 60–66. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.06.059>
9. Mizuno, A., Yamazaki, Y., Ito, H., Yoshida, H. (1992). AC energized ferroelectric pellet bed gas cleaner. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 28 (3), 535–540. doi: <https://doi.org/10.1109/28.137431>
10. Francke, K.-P., Miessner, H., Rudolph, R. (2000). Plasmacatalytic processes for environmental problems. *Catalysis Today*, 59 (3-4), 411–416. doi: [https://doi.org/10.1016/S0920-5861\(00\)00306-0](https://doi.org/10.1016/S0920-5861(00)00306-0)
11. Boutonnet Kizling, M., Järäs, S. G. (1996). A review of the use of plasma techniques in catalyst preparation and catalytic reactions. *Applied Catalysis A: General*, 147 (1), 1–21. doi: [https://doi.org/10.1016/S0926-860X\(96\)00215-3](https://doi.org/10.1016/S0926-860X(96)00215-3)
12. Bromberg, L., Cohn, D. R., Rabinovich, A., O'Brie, C., Hochgreb, S. (1998). Plasma Reforming of Methane. *Energy & Fuels*, 12 (1), 11–18. doi: <https://doi.org/10.1021/ef9701091>
13. Korzhuk, V., Khaskin, V., Grynyuk, A., Ganushchak, O., Peleshenko, S., Konoreva, O. et al. (2021). Comparing features in metallurgical interaction when applying different techniques of arc and plasma surfacing of steel wire on titanium. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (12 (112)), 6–17. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.238634>
14. Schmidt-Szałowski, K., Borucka, A., Jodzis, S. (1990). Catalytic activity of silica in ozone formation in electrical discharges. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, 10 (3), 443–450. doi: <https://doi.org/10.1007/bf01447202>
15. Gruenwald, J., Reynvaan, J., Geistlinger, P. (2018). Basic plasma parameters and physical properties of inverted He fireballs. *Plasma Sources Science and Technology*, 27 (1), 015008. doi: <https://doi.org/10.1088/1361-6595/aaa332>

16. Nagi, L., Koziol, M., Zygarlicki, J. (2020). Comparative Analysis of Optical Radiation Emitted by Electric Arc Generated at AC and DC Voltage. *Energies*, 13 (19), 5137. doi: <https://doi.org/10.3390/en13195137>
17. Armijo, K., Clem, P., Kotovsky, D., Demosthenous, B., Tanbakuchi, A., Martinez, R., Muna, A., LaFleur, C. (2019). Electrical Arc Fault Particle Size Characterization. doi: <https://doi.org/10.2172/1592574>
18. Shigeta, M., Hirayama, Y., Ghedini, E. (2021). Computational Study of Quenching Effects on Growth Processes and Size Distributions of Silicon Nanoparticles at a Thermal Plasma Tail. *Nanomaterials*, 11 (6), 1370. doi: <https://doi.org/10.3390/nano11061370>
19. Shigeta, M., Tanaka, M., Ghedini, E. (2019). Numerical Analysis of the Correlation between Arc Plasma Fluctuation and Nanoparticle Growth-Transport under Atmospheric Pressure. *Nanomaterials*, 9 (12), 1736. doi: <https://doi.org/10.3390/nano9121736>
20. Asai, S., Miyasaka, F., Nomura, K., Ogino, Y., Tanaka, M., Shigeta, M., Yamane, S. (2020). Recent Progresses of Welding and Joining Engineering. *Journal of the Japan Welding Society*, 89 (5), 322–335. doi: <https://doi.org/10.2207/jjws.89.322>
21. Shigeta, M. (2018). Modeling and simulation of a turbulent-like thermal plasma jet for nanopowder production. *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, 14 (1), 16–28. doi: <https://doi.org/10.1002/tee.22761>
22. Shigeta, M. (2020). Simulating Turbulent Thermal Plasma Flows for Nanopowder Fabrication. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, 40 (3), 775–794. doi: <https://doi.org/10.1007/s11090-020-10060-8>
23. Porrang, S., Rahemi, N., Davaran, S., Mahdavi, M., Hassanzadeh, B., Gholipour, A. M. (2021). Direct surface modification of mesoporous silica nanoparticles by DBD plasma as a green approach to prepare dual-responsive drug delivery system. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 123, 47–58. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tice.2021.05.024>
24. Banerjee, S., Adhikari, E., Sapkota, P., Sebastian, A., Ptasinska, S. (2020). Atmospheric Pressure Plasma Deposition of TiO₂: A Review. *Materials*, 13 (13), 2931. doi: <https://doi.org/10.3390/ma13132931>
25. Dasgupta, D., Peddi, S., Saini, D. K., Ghosh, A. (2022). Mobile Nanobots for Prevention of Root Canal Treatment Failure. *Advanced Healthcare Materials*, 11 (14). doi: <https://doi.org/10.1002/adhm.202200232>
26. Kumaresan, L., Shanmugavelayutham, G., Surendran, S., Sim, U. (2022). Thermal plasma arc discharge method for high-yield production of hexagonal AlN nanoparticles: synthesis and characterization. *Journal of the Korean Ceramic Society*, 59 (3), 338–349. doi: <https://doi.org/10.1007/s43207-021-00177-7>
27. Huang, Y., Li, Q., Xue, X., Xu, H., Huang, J., Fan, D. (2022). Electrostatic probe analysis of SiO₂ activating flux powders transition behavior in Powder Pool Coupled Activating TIG alternating current arc plasma for aluminum alloy. *Journal of Manufacturing Processes*, 84, 600–609. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2022.10.029>
28. Conversano, R. W., Lobbia, R. B., Kerber, T. V., Tilley, K. C., Goebel, D. M., Reilly, S. W. (2019). Performance characterization of a low-power magnetically shielded Hall thruster with an internally-mounted hollow cathode. *Plasma Sources Science and Technology*, 28 (10), 105011. doi: <https://doi.org/10.1088/1361-6595/ab47de>
29. Fauchais, P. (1984). Applications physico-chimiques des plasmas d'arc. *Revue de Physique Appliquée*, 19 (12), 1013–1045. doi: <https://doi.org/10.1051/rphysap:0198400190120101300>
30. Hassouba, M. A., Galaly, A. R., Rashed, U. M. (2013). Analysis of cylindrical Langmuir probe using experiment and different theories. *Plasma Physics Reports*, 39 (3), 255–262. doi: <https://doi.org/10.1134/s1063780x13030033>
31. Honglertkongsakul, K., Chaiyakun, S., Witit-anun, N., Kongsri, W., Limsuwan, P. (2012). Single Langmuir Probe Measurements in an

Unbalanced Magnetron Sputtering System. *Procedia Engineering*, 32, 962–968. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.02.039>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.289775

POWER SUPPLY VIA FIBER-OPTICAL CONDUCTOR FOR SENSORS OF MINE WORKING MONITORING SYSTEM (p. 15–23)

Ali Mekhtiyev

S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2633-3976>

Pavel Dunayev

S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0379-315X>

Yelena Neshina

Saginov Technical University, Karaganda, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8973-2958>

Aliya Alkina

Saginov Technical University, Karaganda, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4879-0593>

Raushan Aimagambetova

Republic State Enterprise on the Right of Economical Jurisdiction «Kazakhstan Institute of Standardization and Metrology» of the Committee of Technical Regulation and Metrology of the Ministry of Trade and Integration of the Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4429-953X>

Gabit Mukhambetov

Republic State Enterprise on the Right of Economical Jurisdiction «Kazakhstan Institute of Standardization and Metrology» of the Committee of Technical Regulation and Metrology of the Ministry of Trade and Integration of the Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9374-9114>

Lalita Kirichenko

Astana IT University, Astana, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7069-5395>

Ilyas Kazambayev

Astana IT University, Astana, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0850-7490>

The article describes a system of power transmission via fiber-optic cable, which allows the supply of power to sensors and other electronic devices of ultra-low power located in places of mining workings, for which the mandatory requirement is fire safety. The developed system will allow to replace the application of copper conductors. The result of this research is the developed laboratory bench that allows measuring the current and voltage parameters in the photodetector branch. The equivalent generator method has been used, as well as the known circuit laws with two dedicated nodes for an active two-terminal network. When analyzing the literature, the existing scientific achievements, and discoveries in the field of research, an own concept of research has been formed that is different from foreign analogs. During the experiment, the studies have been performed when the photodetector was in the short circuit, idle mode, and connected to a high-resistance load. Based on the results obtained, current-voltage characteristics (CVC) and histograms have been built using a radiation source (laser) with a power of 10 and 30 mW. The parameters and technical characteristics of the irradiated silicon crystal and the radiation source have been given. The obtained

electrical power has been determined using the known laws of electrical engineering, including the Ohm law. To process the experimental data, there has been used quadratic interpolation of the function, the results of the root-mean-square approximation, and there has been carried out the regression analysis. Absolute and relative errors have been calculated. The Student coefficient has been determined with a confidence interval of 0.95. Based on the results of the study, the efficiency of the power transmission system has been determined.

Keywords: power source, optical fiber, photovoltaics, photoelectric effect, light wave, energy transfer.

References

- Fafard, S., Masson, D., Werthen, J.-G., Liu, J., Wu, T.-C., Hundsberger, C. et al. (2021). Power and Spectral Range Characteristics for Optical Power Converters. *Energies*, 14 (15), 4395. doi: <https://doi.org/10.3390/en14154395>
- Helmets, H., Armbruster, C., von Ravenstein, M., Derix, D., Schoner, C. (2020). 6-W Optical Power Link With Integrated Optical Data Transmission. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 35 (8), 7904–7909. doi: <https://doi.org/10.1109/tpel.2020.2967475>
- Haid, M., Armbruster, C., Derix, D., Schöner, C., Helmets, H. (2019). 5 W Optical Power Link with Generic Voltage Output and Modulated Data Signal. 1st Optical Wireless and Fiber Power Transmission Conference. Yokohama. Available at: https://www.researchgate.net/publication/332671391_5_W_Optical_Power_Link_with_Generic_Voltage_Output_and_Modulated_Data_Signal
- Wilkins, M. M., Ishigaki, M., Provost, P.-O., Masson, D., Fafard, S., Valdivia, C. E. et al. (2019). Ripple-Free Boost-Mode Power Supply Using Photonic Power Conversion. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 34 (2), 1054–1064. doi: <https://doi.org/10.1109/tpel.2018.2843158>
- Fafard, S., York, M. C. A., Proulx, F., Valdivia, C. E., Wilkins, M. M., Arès, R. et al. (2016). Ultrahigh efficiencies in vertical epitaxial heterostructure architectures. *Applied Physics Letters*, 108 (7). doi: <https://doi.org/10.1063/1.4941240>
- Beattie, M. N., Valdivia, C. E., Wilkins, M. M., Zamiri, M., Kaller, K. L. C., Tam, M. C. et al. (2021). High current density tunnel diodes for multi-junction photovoltaic devices on InP substrates. *Applied Physics Letters*, 118 (6). doi: <https://doi.org/10.1063/5.0036053>
- Wagner, L., Reichmuth, S. K., Philipps, S. P., Oliva, E., Bett, A. W., Helmets, H. (2020). Integrated series/parallel connection for photovoltaic laser power converters with optimized current matching. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 29 (2), 172–180. doi: <https://doi.org/10.1002/pip.3353>
- Komuro, Y., Honda, S., Kurooka, K., Warigaya, R., Tanaka, F., Uchida, S. (2021). A 43.0 % efficient GaInP photonic power converter with a distributed Bragg reflector under high-power 638 nm laser irradiation of 17 W cm⁻². *Applied Physics Express*, 14 (5), 052002. doi: <https://doi.org/10.35848/1882-0786/abf31c>
- Panchak, A., Khvostikov, V., Pokrovskiy, P. (2021). AlGaAs gradient waveguides for vertical p/n junction GaAs laser power converters. *Optics & Laser Technology*, 136, 106735. doi: <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2020.106735>
- Zhao, Y., Li, S., Ren, H., Li, S., Han, P. (2021). Energy band adjustment of 808 nm GaAs laser power converters via gradient doping. *Journal of Semiconductors*, 42 (3), 032701. doi: <https://doi.org/10.1088/1674-4926/42/3/032701>
- Nouri, N., Valdivia, C. E., Beattie, M. N., Zamiri, M. S., Krich, J. J., Hinzer, K. (2021). Ultrathin monochromatic photonic power converters with nanostructured back mirror for light trapping of 1310-nm laser illumination. *Physics, Simulation, and Photonic Engineering of Photovoltaic Devices X*. doi: <https://doi.org/10.1117/12.2584689>
- Ishigaki, M., Fafard, S., Masson, D. P., Wilkins, M. M., Valdivia, C. E., Hinzer, K. (2017). A new optically-isolated power converter for 1 V gate drive power supplies applied to high voltage and high speed switching devices. 2017 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC). doi: <https://doi.org/10.1109/apec.2017.7931022>
- Fafard, S., York, M. C. A., Proulx, F., Wilkins, M., Valdivia, C. E., Bajcsy, M. et al. (2016). Ultra-efficient N-junction photovoltaic cells with VOC > 14 V at high optical input powers. 2016 IEEE 43rd Photovoltaic Specialists Conference (PVSC). doi: <https://doi.org/10.1109/pvsc.2016.7750065>
- Fafard, S., Proulx, F., York, M. C. A., Richard, L. S., Provost, P. O., Arès, R. et al. (2016). High-photovoltage GaAs vertical epitaxial monolithic heterostructures with 20 thin p/n junctions and a conversion efficiency of 60 %. *Applied Physics Letters*, 109 (13). doi: <https://doi.org/10.1063/1.4964120>
- Helmets, H., Lopez, E., Höhn, O., Lackner, D., Schön, J., Schauerste, M. et al. (2021). 68.9 % Efficient GaAs-Based Photonic Power Conversion Enabled by Photon Recycling and Optical Resonance. *Physica Status Solidi (RRL) – Rapid Research Letters*, 15 (7). doi: <https://doi.org/10.1002/pssr.202100113>
- Umezawa, T., Dat, P. T., Kashima, K., Kanno, A., Yamamoto, N., Kawanishi, T. (2018). 100-GHz Radio and Power Over Fiber Transmission Through Multicore Fiber Using Optical-to-Radio Converter. *Journal of Lightwave Technology*, 36 (2), 617–623. doi: <https://doi.org/10.1109/jlt.2017.2731991>
- Fakidis, J., Videv, S., Helmets, H., Haas, H. (2018). 0.5-Gb/s OFDM-Based Laser Data and Power Transfer Using a GaAs Photovoltaic Cell. *IEEE Photonics Technology Letters*, 30 (9), 841–844. doi: <https://doi.org/10.1109/lpt.2018.2815273>
- Yamagata, Y., Yamada, Y., Kaifuchi, Y., Nogawa, R., Morohashi, R., Yamaguchi, M. (2015). Performance and reliability of high power, high brightness 8xx-9xx nm semiconductor laser diodes. 2015 IEEE High Power Diode Lasers and Systems Conference (HPD). doi: <https://doi.org/10.1109/hpd.2015.7439668>
- Mekhtiyev, A. D., Kovtun, A. A., Yugay, V. V., Neshina, E. G., Aimagambetova, R. Z., Alkina, A. D. (2021). Research of mechanical stress at tension of quartz optical fiber (QOF). *Metalurgija*, 60 (1-2), 121–124. Available at: <https://hrcak.srce.hr/246106>
- Mekhtiyev, A. D., Soldatov, A. I., Neshina, Y. G., Alkina, A. D., Madi, P. Sh. (2021). The working roof rock massif displacement control system. *Series of geology and technical sciences*, 5 (449), 68–76. doi: <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170x.100>
- Budashko, V., Shevchenko, V. (2021). Solving a task of coordinated control over a ship automated electric power system under a changing load. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (2 (110)), 54–70. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.229033>
- Shareef, I. R., Hussein, H. K. (2021). Implementation of artificial neural network to achieve speed control and power saving of a belt conveyor system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (2 (110)), 44–53. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224137>
- Tranzistory otechestvennye bol'shoy moschnosti nizkochastotnye KT 800-819. Available at: http://electronic.com.ua/spravochniki/Tranzistorq_otehestvennqe/Tranzistorq_otehestvennqe_bol%60woy_moschnosti_nizkohastotnqe_KT_800-819.htm
- Yurchenko, A. V., Mekhtiev, A. D., Alkina, A. D. (2017). Puti povsheniya effektivnosti solnechnyh elektrostancij. Karaganda: Izd-vo KarGTU, 181.
- Al-Abdaly, N. M., Al-Taai, S. R., Imran, H., Ibrahim, M. (2021). Development of prediction model of steel fiber-reinforced concrete compressive strength using random forest algorithm combined with hyperparameter tuning and k-fold cross-validation. *Eastern-*

European Journal of Enterprise Technologies, 5 (7 (113)), 59–65. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.242986>

26. Gubarevych, O., Goolak, S., Daki, O., Yakusevych, Y. (2021). Determining an additional diagnostic parameter for improving the accuracy of assessment of the condition of stator windings in an induction motor. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (5 (113)), 21–29. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239509>
27. Chenchevoi, V., Kuznetsov, V., Kuznetsov, V., Chencheva, O., Zachepa, I., Chornyi, O. et al. (2021). Development of mathematical models of energy conversion processes in an induction motor supplied from an autonomous induction generator with parametric non-symmetry. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (8 (112)), 67–82. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239146>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.289773

IMPROVING THE MATHEMATICAL MODEL OF A FIBER-OPTIC INCLINOMETER FOR VIBRATION DIAGNOSTICS OF ELEMENTS IN THE PROPULSION SYSTEM WITH SLIDING BEARINGS (p. 24–31)

Albert Sandler

National University «Odessa Maritime Academy», Odessa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0709-0542>

Vitalii Budashko

National University «Odessa Maritime Academy», Odessa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4873-5236>

Sergii Khniunin

National University «Odessa Maritime Academy», Odessa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5941-5372>

Valentin Bogach

National University «Odessa Maritime Academy», Odessa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0822-0003>

The operational capacity of a vessel's propulsion system (VPS) has an exceptionally large impact on the safety of the ship and shipping as a whole. This requires constant long-term technical diagnostics of VPS elements in order to determine their real resource. First of all, this refers to the bearing units of VPS. The practical use of the concept of continuous diagnostics requires the introduction of the latest means of monitoring the technical condition of VPS, which can significantly increase the reliability of the measurement results. That is why solving the scientific problem of creating diagnostic tools invariant to operating conditions and adapted for continuous, long-term, and reliable monitoring, namely fiber-optic inclinometers (FOI), is relevant. In order to solve the problem, the object of research has been determined – fiber-optic measuring devices for monitoring changes in the geometric position or damping conditions of oscillations in bearing units of VPS elements. The task to improve fiber-optic means was to increase the accuracy of measurement results.

The results are in the form of an improved mathematical model of FOI. The difference of the model is the calculation of actual properties of each material layer of the multilayer structure of real fiber-optic waveguides. A distinctive feature of the proposed solution is that the description of the optical-mechanical process in FOI using an improved mathematical model is more accurate and closer to the parameters of the actual process, which are determined experimentally.

The results of the research belong to the field of systems and means of technical diagnosis of VPS elements and can be applied primarily on ships, submarines, and vessels of large displacement.

Keywords: fiber-optic inclinometer, propulsion system, layered structure, refractive index, mathematical model.

References

1. Kiryukhin, A. L., Romanovskiy, G. F., Khanmamedov, S. A. (2011). Sistemy uderzhaniya i stabilizatsii valov sudovykh energeticheskikh ustanovok. *Sudovye energeticheskie ustanovki*, 27, 10–18. Available at: http://seu.onma.edu.ua/wp-content/uploads/2020/09/2011_27_27_2.pdf
2. Sapiga, V., Kiryukhin, A., Cherpita, P. (2014). Perfection methods for analyzing the dynamics of marine shafting. *Vodnyi transport*, 1, 52–61. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vodt_2014_1_12
3. Duan, N., Wu, C., Huang, Y., Zhang, Z., Hua, H. (2023). Lateral vibration analysis and active control of the propeller-shafting system using a scaled experimental model. *Ocean Engineering*, 267, 113285. doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.113285>
4. Jalali, M. H., Ghayour, M., Ziaei-Rad, S., Shahriari, B. (2014). Dynamic analysis of a high speed rotor-bearing system. *Measurement*, 53, 1–9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2014.03.010>
5. Komarizadehasl, S., Komary, M., Alahmad, A., Lozano-Galant, J. A., Ramos, G., Turmo, J. (2022). A Novel Wireless Low-Cost Inclinometer Made from Combining the Measurements of Multiple MEMS Gyroscopes and Accelerometers. *Sensors*, 22 (15), 5605. doi: <https://doi.org/10.3390/s22155605>
6. He, X., Yang, X., Zhao, L. (2014). Application of Inclinometer in Arch Bridge Dynamic Deflection Measurement. *TELKOMNIKA Indonesian Journal of Electrical Engineering*, 12 (5). doi: <https://doi.org/10.11591/telkomnika.v12i4.4933>
7. Budashko, V., Sandler, A., Shevchenko, V. (2022). Diagnosis of the Technical Condition of High-tech Complexes by Probabilistic Methods. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 16 (1), 105–111. doi: <https://doi.org/10.12716/1001.16.01.11>
8. Budashko, V., Sandler, A., Khniunin, S. (2023). Improving the method of linear-quadratic control over a physical model of vessel with azimuthal thrusters. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (2 (121)), 49–71. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.273934>
9. Zhao, J., Xu, F., Li, F., Xu, H. (2018). Simulation of Shupe Effect in Fiber Optic Gyroscope Fiber Coil with Inclinometer While Drilling. *Acta Optica Sinica*, 38 (5), 0506001. doi: <https://doi.org/10.3788/aos201838.0506001>
10. Yan, T., Zhang, C., Gao, S., Lin, T. (2012). Continuous measurement for fiber optic gyro inclinometer with motion constraint. *Journal of Chinese Inertial Technology*, 6, 650–653. Available at: <https://doi.org/10.13695/j.cnki.12-1222/o3.2012.06.009>
11. Minardo, A., Picarelli, L., Avolio, B., Coscetta, A., Papa, R., Zeni, G. et al. (2014). Fiber optic based inclinometer for remote monitoring of landslides: On site comparison with traditional inclinometers. 2014 IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium. doi: <https://doi.org/10.1109/igarss.2014.6947382>
12. Ma, L., Tsujikawa, K., Aozasa, S., Azuma, Y. (2013). Cord identification technique for ultra-low bending loss fibers using higher order modes of visible light. *Optical Fiber Technology*, 19 (3), 194–199. doi: <https://doi.org/10.1016/j.yofte.2013.01.002>
13. Sushchenko, O. A., Palchyk, V. V. (2012). Review of the Modern Status of the Fiber-Optic Angular Rate Sensors and Trends of their Development. *Elektronika ta systemy upravlinnia*, 3 (29), 74–84. Available at: <https://jrn1.nau.edu.ua/index.php/ESU/article/view/887/869>
14. Sandler, A. K., Budashko, V. V. (2022). Pat. No. 153064 UA. Volokonno-optychnyi inklinometr. No. u202203784; declared: 11.10.2022; published: 17.05.2023, Bul. No. 20. Available at: <https://base.uipr.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=285079>
15. Sandler, A. (2023). Fiber-optic inclinometer for diagnosing elements of the propulsion complex of autonomous vessels. *Slovak interna-*

- tional scientific journal, 72, 46–53. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8016986>
16. Zeisberger, M., Hartung, A., Schmidt, M. (2018). Understanding Dispersion of Revolver-Type Anti-Resonant Hollow Core Fibers. *Fibers*, 6 (4), 68. doi: <https://doi.org/10.3390/fib6040068>
 17. Akand, T., Islam, Md. J., Kaysir, Md. R. (2020). Low loss hollow-core optical fibers conjoining tube lattice and revolver structures. *Results in Optics*, 1, 100008. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rio.2020.100008>
 18. Korchevsky, A. S., Kolomiets, L. V. (2015). Mechanical fiber optic cable. *Collection of scientific works of the Odesa State Academy of Technical Regulation and Quality*, 2 (7), 68–72. doi: <https://doi.org/10.32684/2412-5288-2015-2-7-68-72>
 19. DSTU IEC 60794-1-2-2002. Kabeli optychni. Chastyna 1-2. Zahalni tekhnichni umovy. Osnovni metody vyprovuvannia optychnykh kabeliv (IEC 60794-1-2:1999, IDT). Available at: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=80375
 20. Snyder, A., Love, D. (1983). *Optical Waveguide Theory*. Springer, 738. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4613-2813-1>
 21. Sadd, M. H. (2014). *Elasticity Theory, Applications, and Numerics*. Academic Press. doi: <https://doi.org/10.1016/c2012-0-06981-5>
 22. Barzanjeh, S., Xuereb, A., Gröblacher, S., Paternostro, M., Regal, C. A., Weig, E. M. (2021). Optomechanics for quantum technologies. *Nature Physics*, 18 (1), 15–24. doi: <https://doi.org/10.1038/s41567-021-01402-0>
 23. Sandler, A. (2019). Sensitive element of fiber optical accelerometer based on sapphire glass. IX mizhnarodna naukovo-metodychna konferentsiya «Sudnova elektroinzheneriia, elektronika i avtomatyka». Odesa: NU «OMA», 28–34. Available at: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/62451964/111_%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84_2019-120200323-91727-13qmcfsf-libre.pdf?1586206062=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DProceeding_Book_of_IX_International_Scie.pdf&Expires=1698093115&Signature=balczrUsljG9ntqfCRg0SQR7ttzteLp1Y-RxDG5G2lwBIDniLmOpM4k2iNeYbB0wXJ4zJP-sJntP-x8qkpXW7JECf0cDzWyXFyFTVliVCOO3lBq4Ry0RGT1jgRU3dCsC3187nzM6XcAQi-Jqo15UY2mLwt69Ve-xR-xZbC-0gpndY6t87rFgjpU1GY7ISRuN-j0Rrup-gaNXNd-FhWsw6-2uY2-0V4cNR-V75m10a1sf5gHC6G9RT7G5cgv-kMOi2jFXNze4aNsYGwAFgThYuEKZ6fYEyctSCa-Chc-PpITiw3j0JkuaMLdgBsbumoBM-iQki0Jz-f9C3UMxBT95zla__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA#page=28
 24. Shore, K. A. (2012). *Fiber Optics: Physics and Technology*, by Fedor Mitschke. *Contemporary Physics*, 53 (1), 69–70. doi: <https://doi.org/10.1080/00107514.2011.629738>
 25. Sandler, A., Budashko, V. (2022). Improving tools for diagnosing technical condition of ship electric power installations. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (5 (119)), 25–33. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.266267>
 26. Zhu, X., Wang, K., Yang, J., Huang, L., Shen, B., Sun, M. (2022). Research on the control strategy of grid connection between shore power supply and ship power grid. *Energy Reports*, 8, 638–647. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.08.164>
 27. Dagkinis, I. K., Psomas, P. M., Platis, A. N., Dragović, B., Nikitakos, N. V. (2023). Modelling of the availability for the ship integrated control system sensors. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 9, 100119. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2023.100119>
 28. Martins, A. B., Torres Farinha, J., Marques Cardoso, A. (2020). Calibration and Certification of Industrial Sensors – a Global Review. *Wseas Transactions on Systems And Control*, 15, 394–416. doi: <https://doi.org/10.37394/23203.2020.15.41>
 29. Budashko, V., Shevchenko, V. (2021). Solving a task of coordinated control over a ship automated electric power system under a changing load. *Eastern-European Journal of Enterprise Tech-*

nologies, 2 (2 (110)), 54–70. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.229033>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.288339
DEVELOPMENT OF THE ERROR REDUCING METHOD FOR THE DETERMINATION OF THE ALTERNATING CURRENT AMPLITUDE WITHOUT THE USE OF CURRENT TRANSFORMERS (p. 32–42)

Alexandr Neftissov

Astana IT University, Astana, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4079-2025>

Assiya Sarinova

Astana IT University, Astana, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4254-376X>

Ilyas Kazambayev

Astana IT University, Astana, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0850-7490>

Lalita Kirichenko

Astana IT University, Astana, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7069-5395>

Andrii Biloshchytskyi

Astana IT University, Astana, Republic of Kazakhstan
 Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9548-1959>

Alexandr Kislov

Toraighyrov University, Pavlodar, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4816-8008>

Oxana Andreyeva

Toraighyrov University, Pavlodar, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8680-5712>

The object of the research is methods of current amplitude identification without using current transformers. Most solutions are built on reed switches, which have a limitation of the operation speed due to the mechanical nature of the reed contacts. Therefore, the time duration is a random variable with a significant variation. Thus, the problem that needs to be solved is the reduction of the error of current amplitude identification associated with the mechanical properties of contacts. According to the conducted literature analysis, the presence of contact bounce of reed switches increases the errors of sinusoidal current amplitude identification approximately up to 8–10 %. The mathematical modeling allowed us to investigate this phenomenon and research its influence on the method. The suggested model was then approved via in-situ modeling. Consequently, to reduce the errors of measuring the current amplitude via a reed switch, the replacement with an analog or discrete Hall sensor was proposed. A mathematical model of the discrete Hall sensor operation and a method for identifying the amplitude of the alternating current were developed. During the experiment, it was found that the analog Hall sensor has a limitation in measuring currents of large rates, at which the discrete sensor worked stably. Hence, the last was chosen. It is worth noting that the study of the behavior of the Hall sensor was limited to the value of the alternating current amplitude, four times the opening current with an average error of less than 3 %. The method suitable for discrete Hall sensors simplifies and reduces the cost of the measuring instrument design. However, the practical implementation of the suggested method requires also the application of devices concentrating the magnetic field on the Hall sensor surface.

Keywords: Hall sensor, magnetic field, reed switch, contact bounce, sinusoidal signal.

References

1. Kletsel, M., Kabdualiyev, N., Mashrapov, B., Neftissov, A. (2014). Protection of busbar based on reed switches. *Przeegląd Elektrotechniczny*, 90 (1), 88–89. Available at: <http://pe.org.pl/articles/2014/1/21.pdf>
2. Kletsel, M., Borodenko, V., Barukin, A., Kaltayev, A., Mashrapova, R. (2018). Constructive features of resource-saving reed relay protection and measurement devices. *Revue Roumaine des Sciences Techniques Serie Electrotechnique et Energetique*, 64 (4), 309–315. Available at: <http://revue.elth.pub.ro/viewpdf.php?id=863>
3. Goryunov, V., Kletsel, M., Mashrapov, B., Mussayev, Z., Talipov, O. (2022). Resource-saving current protections for electrical installations with isolated phase busducts. *Alexandria Engineering Journal*, 61 (8), 6061–6069. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.11.031>
4. Neftissov, A., Biloshchytyskiy, A., Talipov, O., Andreyeva, O. (2021). Determination of the magnitude of short-circuit surge current for the construction of relay protection on reed switches and microprocessors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (5 (114)), 41–48. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.245644>
5. Teng, J.-H., Luan, S.-W., Huang, W.-H., Lee, D.-J., Huang, Y.-F. (2015). A cost-effective fault management system for distribution systems with distributed generators. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 65, 357–366. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2014.10.029>
6. Mali, A., Sonawale, R., Gharat, S., Ingle, N., Kulkarni, R. D., Nandurkar, S. (2020). Design Methodologies for Measurement of KA DC Current: A Review. 2020 International Conference for Emerging Technology (INCET). doi: <https://doi.org/10.1109/inct49848.2020.9154165>
7. Wu, X., Huang, H., Peng, L., Huang, Y., Wang, Y. (2022). Algorithm Research on the Conductor Eccentricity of a Circular Dot Matrix Hall High Current Sensor for ITER. *IEEE Transactions on Plasma Science*, 50 (6), 1962–1970. doi: <https://doi.org/10.1109/tps.2022.3173286>
8. Hotra, Z., Holyaka, R., Ilkanych, V., Marusenkova, T., Lesynsky, V., Godyniuk, I. (2013). Multi-step mode signal conversion algorithms in hall sensor devices. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (12 (66)), 86–91. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2013.19693>
9. Blagojević, M., Jovanović, U., Jovanović, I., Mančić, D., Popović, R. S. (2016). Realization and optimization of bus bar current transducers based on Hall effect sensors. *Measurement Science and Technology*, 27 (6), 065102. doi: <https://doi.org/10.1088/0957-0233/27/6/065102>
10. Makki, A., Bose, S., Giuliant, T., Walsh, J. (2010). Using hall-effect sensors to add digital recording capability to electromechanical relays. 2010 63rd Annual Conference for Protective Relay Engineers. doi: <https://doi.org/10.1109/cpre.2010.5469499>
11. Chen, K.-L., Wan, R.-S., Guo, Y., Chen, N., Lee, W.-J. (2017). A Redundancy Mechanism Design for Hall-Based Electronic Current Transformers. *Energies*, 10 (3), 312. doi: <https://doi.org/10.3390/en10030312>
12. Chen, K.-L., Chen, N. (2011). A New Method for Power Current Measurement Using a Coreless Hall Effect Current Transformer. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 60 (1), 158–169. doi: <https://doi.org/10.1109/tim.2010.2049234>
13. Neftissov, A., Sarinova, A., Kazambayev, I., Kirichenko, L., Kuchanskyi, O., Faizullin, A. (2023). Determination of the speed of a microprocessor relay protection device of open architecture with a reed switch and the industrial internet of things. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (5 (122)), 20–30. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.276588>
14. Smith, K. C. A., Alley, R. E. (1992). *Electrical Circuits*. Cambridge University Press. doi: <https://doi.org/10.1017/cbo9781139170093>
15. *Classical Control Theory: A Course in the Linear Mathematics of Systems and Control* (2002). Available at: <http://users.auth.gr/~kappos/bk-clcon.pdf>
16. Reed switch MKA-10110 technical documentation. Available at: <https://static.chipdip.ru/lib/880/DOC015880376.pdf>
17. Discrete Hall Sensor SS443 A technical documentation. Available at: <https://datasheetspdf.com/datasheet/SS443.html>
18. Griffiths, D. J. (2017). *Introduction to Electrodynamics*. Cambridge University Press, 620. doi: <https://doi.org/10.1017/9781108333511>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.285684
CAPACITOR FOR THE VOLTAGE-SURGE SUPPRESSION IN A SiC-MOSFET HALF-BRIDGE INVERTER (p. 43–52)

Rini Nur Hasanah

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6002-6558>

Waru Djurianto

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8277-731X>

Lunde Ardhenta

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5484-491X>

Hadi Suyono

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4651-6550>

Febry Pandu Wijaya

PT. INKA (Persero), Madiun, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2245-8413>

Hazlie Mokhlis

University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1166-1934>

This paper explores some efforts to suppress the voltage surge appearing during the operation of a SiC-MOSFET-based half-bridge circuit in an inverter topology. The study is important to carry out, as the voltage surge problem does not come up when a Si-IGBT is used as the switching component in the half-bridge; however, some applications demand certain properties like what is found in a SiC-MOSFET. Compared to Si-IGBT with rise-time/fall-time larger than 100 ns in general, the use of SiC-MOSFET is preferable due to its much shorter switching time, less than 50 ns, which brings about a much lower switching loss and lower operating temperature. However, the choice of the usual electrolytic capacitor in the dc-link would produce an undesired voltage surge during the half-bridge operation. The origin of the surge is sometimes assigned to the inductance parasitic effect of the SiC-MOSFET high frequency. This research proves the benefit of a film capacitor to suppress the surge due to its lower equivalent series resistance (ESR) than that of the electrolytic capacitor. The results contribute to the consideration to take during the circuit realization in various applications, as there are not many papers yet found discussing the use of film capacitor in the dc-link of a SiC-MOSFET half-bridge inverter. This study also reveals the importance of the film capacitor placement during the design stage of SiC-MOSFET applications; moreover, motor controllers being equipped with an inverter such as described in this study have not been found yet in the market. The efforts investigated in this work would help to control the undesirable voltage spikes that frequently occur when applying a SiC-MOSFET to a half-bridge inverter design.

Keywords: dc link, equivalent series resistance, fall-time, film capacitor, half-bridge, inverter, rise-time, SiC-MOSFET, switching loss, voltage surge.

References

1. Ozpineci, B., Tolbert, L. (2011). Smaller, faster, tougher. *IEEE Spectrum*, 48 (10), 45–66. doi: <https://doi.org/10.1109/mspec.2011.6027247>
2. Alves, L. F. S., Gomes, R. C. M., Lefranc, P., De A. Pegado, R., Jeannin, P.-O., Luciano, B. A., Rocha, F. V. (2017). SiC power devices in power electronics: An overview. 2017 Brazilian Power Electronics Conference (COBEP). doi: <https://doi.org/10.1109/cobep.2017.8257396>
3. Kizu, N., Nate, S., Miura, M., Nakanishi, M., Hase, N., Kawamoto, N., Ino, K. (2016). Evolution of SiC products for industrial application. PCIM Europe. Nuremberg.
4. Bąba, S. (2021). Multiparameter reliability model for SiC power MOSFET subjected to repetitive thermomechanical load. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical Sciences*, 69 (3). doi: <https://doi.org/10.24425/bpasts.2021.137386>
5. Gopalakrishnan, K. S., Das, S., Narayanan, G. (2011). Analytical expression for RMS DC link capacitor current in a three-level inverter. In *Proceedings of the Centenary Conference Electrical Engineering, Indian Institute of Science, Bangalore*. Available at: http://eprints.iisc.ac.in/46712/1/iisc_cent_conf_2011_das_ee.pdf
6. Mo, F., Furuta, J., Kobayashi, K. (2016). A low surge voltage and fast speed gate driver for SiC-MOSFET with switched capacitor circuit. 2016 IEEE 4th Workshop on Wide Bandgap Power Devices and Applications (WiPDA). doi: <https://doi.org/10.1109/wipda.2016.7799953>
7. Qu, J., Zhang, Q., Yuan, X., Cui, S. (2020). Design of a Paralleled SiC-MOSFET Half-Bridge Unit With Distributed Arrangement of DC Capacitors. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 35 (10), 10879–10891. doi: <https://doi.org/10.1109/tpel.2020.2978718>
8. Liu, Y., See, K. Y., Simanjorang, R., Lim, Z., Zhao, Z. (2018). Modeling and simulation of switching characteristics of half-bridge SiC power module in single leg T-type converter for EMI prediction. 2018 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility and 2018 IEEE Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC/APEMC). doi: <https://doi.org/10.1109/isemc.2018.8394002>
9. Chou, W., Kempitiya, A., Vodyakho, O. (2018). Reduction of Power Losses of SiC-MOSFET Based Power Modules in Automotive Traction Inverter Applications. 2018 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC). doi: <https://doi.org/10.1109/itec.2018.8450130>
10. Liu, G., Wu, Y., Li, K., Wang, Y., Li, C. (2019). Development of high power SiC devices for rail traction power systems. *Journal of Crystal Growth*, 507, 442–452. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2018.10.037>
11. Yin, S., Gu, Y., Deng, S., Xin, X., Dai, G. (2018). Comparative Investigation of Surge Current Capabilities of Si IGBT and SiC-MOSFET for Pulsed Power Application. *IEEE Transactions on Plasma Science*, 46 (8), 2979–2984. doi: <https://doi.org/10.1109/tps.2018.2849778>
12. Fujita, H., Garces Guajardo, C. A. (2018). Implementation of a Miniaturized SiC Inverter. 2018 International Power Electronics Conference (IPEC-Niigata 2018 -ECCE Asia). doi: <https://doi.org/10.23919/ipec.2018.8507841>
13. Wang, L., Ma, H., Qiu, H., Yuan, K., Liu, Z., Cao, G. (2021). Modelling and optimization of SiC-MOSFET switching voltage and current overshoots in a half-bridge configuration. *IET Power Electronics*, 14 (9), 1684–1699. doi: <https://doi.org/10.1049/pel2.12146>
14. Engelmann, G., Fritz, N., Ludecke, C., De Doncker, R. W., Xu, Z., Lu, X. et al. (2018). Impact of the Different Parasitic Inductances on the Switching Behavior of SiC-MOSFETs. 2018 IEEE 18th International Power Electronics and Motion Control Conference (PEMC). doi: <https://doi.org/10.1109/epemc.2018.8521911>
15. Kavitha, V., Subramanian, K. (2017). Review on DC link capacitor issues in variable frequency drives. 2017 International Conference on Innovations in Electrical, Electronics, Instrumentation and Media Technology (ICEEIMT). doi: <https://doi.org/10.1109/iciee-imt.2017.8116839>
16. Singh, A. K., Pathak, M. K., Rao, Y. S. (2017). A new two-stage converter with reduction of DC-link capacitor for plug-in electric vehicle battery charger. 2017 3rd International Conference on Computational Intelligence & Communication Technology (CICT). doi: <https://doi.org/10.1109/ciact.2017.7977338>
17. Yi, P., Cui, Y., Vang, A., Wei, L. (2018). Investigation and evaluation of high power SiC-MOSFETs switching performance and overshoot voltage. 2018 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC). doi: <https://doi.org/10.1109/apec.2018.8341382>
18. Miyazaki, T., Okawauchi, Y., Otake, H., Nakahara, K. (2020). Semi-Theoretical Prediction of Turn-off Surge Voltage in a SiC-MOSFET Power Module with an Embedded DC-link Decoupling Capacitor. 2020 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC). doi: <https://doi.org/10.1109/apec39645.2020.9124137>
19. Takayama, H., Okuda, T., Hikihara, T. (2020). A Study on Suppressing Surge Voltage of SiC-MOSFET Using Digital Active Gate Driver. 2020 IEEE Workshop on Wide Bandgap Power Devices and Applications in Asia (WiPDA Asia). doi: <https://doi.org/10.1109/wipdaasia49671.2020.9360264>
20. Fukunaga, S., Takayama, H., Hikihara, T. (2021). A Study on Switching Surge Voltage Suppression of SiC-MOSFET by Digital Active Gate Drive. 2021 IEEE 12th Energy Conversion Congress & Exposition – Asia (ECCE-Asia). doi: <https://doi.org/10.1109/ecce-asia49820.2021.9479030>
21. Zhu, R., Liserre, M. (2019). Lifetime Estimation of DC-Link Electrolytic Capacitor for Smart Transformer LV Side Inverter. 2019 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE). doi: <https://doi.org/10.1109/ecce.2019.8912596>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.289781
EXPANSION OF THE FUNCTIONAL CAPACITIES
OF ELECTROSTATIC MIRROR ANALYZERS FOR
ELECTRON SPECTROSCOPY (p. 53–61)

Zhanar Kambarova

Karaganda Buketov University, Karaganda, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9808-5484>

Electron spectroscopy methods are widely used in scientific research and for technological purposes. The main element of spectrometers is an analyzer of charged particle beams. Electrostatic mirror systems are widely used due to their simpler practical realization. At their development two purposes were set: to improve the quality of spatial focusing of charged particles or to increase the value of linear energy dispersion. The objects of the study are electrostatic systems characterized by small sizes, simplicity of stabilization and localization of the working field and its shielding from the external electromagnetic disturbances. From all the known types of energy analyzers, suitable for the analysis of solid surfaces, preference is given to those that have good electron-optical properties, are simple in manufacture and operation. Therefore, spherical and cylindrical mirrors, which have become a basic tool for firms producing spectrometers, have been chosen as the object of study. The work solves the problem of expansion of the functional capacities of these systems by, firstly, combining several research methods in one device; and secondly, by solving specific narrower problems. A photoelectron or Auger spectrometer with an increased scanning area is proposed, where the initial angular opening of the beam 4°

after passing a cylindrical mirror is increased to 10°, and the image smearing is reduced to 0.05 %. An Auger-electron spectrometer for analysis of rough surface has been developed, which allows to increase the probing depths by more than 5 times. A double filter type energy analyzer is calculated. Energy resolution was improved to 1.37 % by eliminating potential barrier smearing in low energy filter mode. Previously, the energy resolution was limited to 10 % due to this drawback.

Keywords: electron spectroscopy, spherical and cylindrical mirrors, energy analyzer.

References

- Greczynski, G., Hultman, L. (2020). X-ray photoelectron spectroscopy: Towards reliable binding energy referencing. *Progress in Materials Science*, 107, 100591. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2019.100591>
- Fadley, C. S. (2009). X-ray photoelectron spectroscopy: From origins to future directions. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 601 (1-2), 8–31. doi: <https://doi.org/10.1016/j.nima.2008.12.189>
- Bolli, E., Kaciulis, S., Mezzi, A. (2020). ESCA as a Tool for Exploration of Metals' Surface. *Coatings*, 10 (12), 1182. doi: <https://doi.org/10.3390/coatings10121182>
- Scheithauer, U. (2020). Experimental setups for XPS measurements beyond the instrumental lateral resolution limit. *Surface and Interface Analysis*, 52 (12), 1185–1190. doi: <https://doi.org/10.1002/sia.6828>
- Diehl, R. D., Ledieu, J., Ferralis, N., Szmodis, A. W., McGrath, R. (2003). Low-energy electron diffraction from quasicrystal surfaces. *Journal of Physics: Condensed Matter*, 15 (3), R63–R81. doi: <https://doi.org/10.1088/0953-8984/15/3/201>
- Schweizer, P., Denninger, P., Dolle, C., Spiecker, E. (2020). Low energy nano diffraction (LEND) – A versatile diffraction technique in SEM. *Ultramicroscopy*, 213, 112956. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ultramic.2020.112956>
- Powell, C. J. (2003). Growth and trends in Auger-electron spectroscopy and x-ray photoelectron spectroscopy for surface analysis. *Journal of Vacuum Science & Technology A: Vacuum, Surfaces, and Films*, 21 (5), S42–S53. doi: <https://doi.org/10.1116/1.1599862>
- Unger, W. E. S., Wirth, T., Hodoroba, V.-D. (2020). Auger electron spectroscopy. Characterization of Nanoparticles, 373–395. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814182-3.00020-1>
- Fletcher, J. S., Vickerman, J. C. (2012). Secondary Ion Mass Spectrometry: Characterizing Complex Samples in Two and Three Dimensions. *Analytical Chemistry*, 85 (2), 610–639. doi: <https://doi.org/10.1021/ac303088m>
- Brais, C. J., Ibañez, J. O., Schwartz, A. J., Ray, S. J. (2020). Recent advances in instrumental approaches to time-of-flight mass spectrometry. *Mass Spectrometry Reviews*, 40 (5), 647–669. doi: <https://doi.org/10.1002/mas.21650>
- Gurov, V. S., Saulebekov, A. O., Trubitsyn, A. A. (2015). Analytical, Approximate-Analytical, and Numerical Methods for Design of Energy Analyzers. *Advances in Imaging and Electron Physics*. doi: [https://doi.org/10.1016/s1076-5670\(15\)00103-2](https://doi.org/10.1016/s1076-5670(15)00103-2)
- Gorelik, V. (2023). Optimization of cylindrical mirror analyzer. *Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena*, 264, 147315. doi: <https://doi.org/10.1016/j.elspec.2023.147315>
- Edwards, D. (2016). The segmented cylindrical mirror analyzer (CMA). *Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena*, 209, 46–52. doi: <https://doi.org/10.1016/j.elspec.2016.02.004>
- Baranova, L. A. (2017). Improved cylindrical mirror energy analyzer. *Technical Physics*, 62 (3), 480–483. doi: <https://doi.org/10.1134/s1063784217030057>
- Guseinov, N. R., Ilyin, A. M. (2021). Electrostatic energy analyzer for nanotechnology applications. *Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena*, 246, 147031. doi: <https://doi.org/10.1016/j.elspec.2020.147031>
- Kobayashi, E., Seo, J., Nambu, A., Mase, K. (2007). Development of a miniature double-pass cylindrical mirror electron energy analyzer (DPCMA), and its application to Auger photoelectron coincidence spectroscopy (APECS). *Surface Science*, 601 (17), 3589–3592. doi: <https://doi.org/10.1016/j.susc.2007.06.073>
- Davydov, S. N., Danilov, M. M., Korablev, V. V. (1999). Spherical mirror analyzer as an instrument for electron coincidence spectroscopy. *Technical Physics*, 44 (1), 99–103. doi: <https://doi.org/10.1134/1.1259259>
- Artamonov, O. M., Samarin, S. N., Paolicelli, G., Stefani, G. (2003). The use of the time-energy dispersion in an electron energy analyzer. *Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena*, 131-132, 105–116. doi: [https://doi.org/10.1016/s0368-2048\(03\)00129-4](https://doi.org/10.1016/s0368-2048(03)00129-4)
- Nesvidomin, A., Pylypaka, S., Volina, T., Kalenyk, M., Shuliak, I., Semirnenko, Y. et al. (2023). Constructing geometrical models of spherical analogs of the involute of a circle and cycloid. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (7 (124)), 6–12. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.284982>
- Saulebekov, A. O. (2019). Development of energy analyzer of charged particles based on the basis non-uniform electrostatic field. *Eurasian Physical Technical Journal*, 16 (1), 24–29. doi: <https://doi.org/10.31489/2019no1/24-29>
- Kambarova, Z., Saulebekov, A. (2020). Development of a Mirror Energy Analyzer of Charged Particles Beams Based on a Modified Electrostatic Field. 2020 7th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE). doi: <https://doi.org/10.1109/efre47760.2020.9242029>
- Kambarova, Z., Saulebekov, A. (2020). Analyzer of Charged Particles Based on the Electrostatic Quadrupole-Cylindrical Field in the «Axis-Ring» Focusing Regime. 2020 7th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE). doi: <https://doi.org/10.1109/efre47760.2020.9242088>
- Kambarova, Zh. T., Trubitsyn, A. A., Saulebekov, A. O. (2018). Axially Symmetric Energy Analyzer Based on the Electrostatic Decapole-Cylindrical Field. *Technical Physics*, 63 (11), 1667–1671. doi: <https://doi.org/10.1134/s1063784218110142>
- Ashimbaeva, B. U., Chokin, K. Sh., Saulebekov, A. O., Kambarova, Zh. T. (2012). The combined energy analyzer composed of electrostatic mirror fields. *Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena*, 185 (11), 518–522. doi: <https://doi.org/10.1016/j.elspec.2012.10.008>
- Ashimbayeva, B. U., Chokin, K. Sh., Saulebekov, A. O., Kambarova, Zh. T. (2012). Modelirovaniye elektrostatičeskoy sistemy iz tsilindricheskogo i giperbolicheskogo zerkal. *Prikladnaya fizika (Applied Physics)*, 4, 73–78.
- Photoelectron spectrometer, ESCALAB Mk II by Vacuum Generators. Available at: https://jacobs.physik.uni-saarland.de/home/index.php?page=steinbeiss/home_cms_steinbeissdet3-1&navi=service
- Getman, A. (2018). Development of the technique for improving the structure of a magnetic field in the aperture of a quadrupole electromagnet with a superconducting winding. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (5 (95)), 6–12. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.142163>
- Trubitsyn, A. A., Tolstoguzov, A. B., Saulebekov, A. O., Suvorov, D. V., Tarabrin, D. Yu., Kambarova, Zh. T., Kuksa, P. I. (2012). Proyektirovaniye dlinnofokusnogo ozhe-mikrozonda. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo radiotekhnicheskogo universiteta*, 42 (4 (1)), 54–59.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.290102
DEVisING AN ALTERNATIVE TECHNIQUE TO
MANUFACTURE A RADIOISOTOPE SOURCE OF
⁶⁰CO FOR IRRADIATION DEVICE TO ENSURE
ORNITHOLOGICAL SAFETY OF AIRCRAFT
FLIGHTS (p. 62–70)

Dmitriy Kim

Civil Aviation Academy, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9601-8077>

Natalya Lutsenko

Civil Aviation Academy, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7358-5490>

This paper reports an alternative technique for producing a source of hard gamma radiation with the ⁶⁰Co isotope for the proposed device for radioactive irradiation of birds, which is also innovative in providing for ornithological aircraft flight safety. However, the high cost of producing a ⁶⁰Co radionuclide source with activity sufficient to irradiate bird pests with a lethal or sterilizing dose poses a serious challenge. A solution to the problem of reducing the cost of a ⁶⁰Co radionuclide source can be an alternative technique of its production outside the reactor.

The results are characterized by the following features and distinctive peculiarities that make it possible to solve the problem under study:

– an irradiation device with the radioactive isotope ⁶⁰Co causes a lethal or sterilizing effect. This is much more effective in ensuring ornithological safety of aircraft flights compared to known methods of scaring away birds of prey, but is harmless to humans;

– the production of ⁶⁰Co radionuclide for the irradiation installation is carried out by thermal diffusion heating, which significantly reduces the cost of the source compared to the well-known methods of its production in a reactor and accelerator.

The results obtained could find practical application in the field of civil aviation for ornithological flight safety, subject to compliance with national and international legislation. In addition, the proposed technique of manufacturing a ⁶⁰Co radionuclide source, in addition to aviation ornithology, may find application in other sectors of industry, economics, and agriculture.

Keywords: aviation ornithology, civil aviation, ionizing radiation, radionuclide source, radiation dose.

References

1. Juračka, J., Chlebek, J., Hodaň, V. (2021). Bird strike as a threat to aviation safety. *Transportation Research Procedia*, 59, 281–291. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.11.120>
2. Akzigitov, R., Kuznetsov, E., Musonov, V., Timokhovich, A. (2023). Ensuring the Safety of Aircraft Flights in Ornithological Terms. *Transportation Research Procedia*, 68, 566–572. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.02.077>
3. Kassenov, K., Kim, D.S., Zhumagulova, R. E. (2019). Some results and perspectives of the application of radiation treatment of agricultural products. *Research, results*, 3 (83), 354–360. Available at: <https://journal.kaznaru.edu.kz/index.php/research/issue/view/7/5>
4. Belko, A. V., Dobratulin, K. S., Kuznetsov, A. V. (2021). Classification of plumage images for identifying bird species. *Computer Optics*, 45 (5). doi: <https://doi.org/10.18287/2412-6179-co-836>
5. Judaibi, A., Soliman, A. Y. (2022). Simulation of cobalt-60 production in research reactors using OpenMC Monte Carlo code. *Kerntechnik*, 87 (2), 230–236. doi: <https://doi.org/10.1515/kern-2021-1027>
6. Howard, R. H., Reichenberger, M. A., Urban-Klaehn, J. M., Peterson-Droogh, J. L., Brookman, J. V. et al. (2021). Overcoming challenges to support us resumption of high specific activity cobalt-60. *Applied Radiation and Isotopes*, 169, 109494. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2020.109494>
7. Lyu, J., Ryu, E. H., Park, J. H. (2020). Innovative core design using cobalt-equipped bundles for cobalt-60 production in CANDU6 reactors. *Annals of Nuclear Energy*, 142, 107384. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2020.107384>
8. Delacroix, D., P. Guerre, J., Leblanc, P., Hickman, C. (2002). Radionuclide and radiation protection data handbook 2002. *Radiation Protection Dosimetry*, 98 (1), 1–168. doi: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a006705>
9. Kudryashev, V. A., Kim, D. S. (2019). Determination of the total effective dose of external and internal exposure by different ionizing radiation sources. *Radiation Protection Dosimetry*, 187 (1), 129–137. doi: <https://doi.org/10.1093/rpd/ncz170>
10. Kim, D. S. (2019). Methods of calculation of radiation protection for operational safety optimization at working with radionuclide photon radiation sources. *Eurasian Journal of Physics and Functional Materials*, 3 (4), 348–354. doi: <https://doi.org/10.29317/ejpfm.2019030407>
11. Giuffrida, D. (2018). Source of Radiation Exposure in the Workplace: Nuclear, Medical and Industrial Sources. *Physical Agents in the Environment and Workplace*, 227–245. doi: <https://doi.org/10.1201/b22231-11>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.289006

ОЦІНКА ЕЛЕКТРОННОЇ ГУСТИНИ, ТЕМПЕРАТУРИ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДУГОВОЇ ПЛАЗМИ З КРЕМНІЄМ ПРИ АТМОСФЕРНОМУ ТИСКУ (с. 6–14)

Vijay Kumar Jha, Lekha Nath Mishra, Bijoyendra Narayan, Saddam Husain Dhobi, Arun Kumar Shah, Susmita Jha

Плазмова технологія стоїть на передньому краї численних промислових застосувань, пропонуючи різноманітні рішення від обробки матеріалів до аерокосмічної техніки. У цьому дослідженні використовується єдина методика зонда Ленгмюра, що працює при атмосферному тиску, для ретельного вивчення трансформаційного впливу засівання кремнезему на низькотемпературну дугову плазму. Дослідження розкриває динамічну взаємодію електронів та іонів у плазмі, розкриваючи ключові електричні властивості. Електричні властивості ВАХ плазми дуг перед затравкою, що має плаваючу напругу -39 В, демонструють електронні та іонні струми для різних напруг зонда. Розрахована густина електронів становить $2,11 \times 10^{13} \text{ м}^{-3}$, а температура електронів становить $6,25$ еВ. ВАХ показує плаваючий потенціал приблизно -35 В і -37 В після затравки дугової плазми з використанням кремнезему в присутності порошку та зерна оксиду алюмінію (2 % за вагою) відповідно. Після посіву було виявлено, що температура електронів падає до $1,18$ еВ для порошку, тоді як $1,16$ еВ для зерна, а густина електронів зростає до $2 \times 10^{16} \text{ м}^{-3}$ для порошку та $1,84 \times 10^{16} \text{ м}^{-3}$ для зерна. Крім того, спостерігається помітне падіння температури електронів і помітне підвищення густини електронів. Ця нерівноважна поведінка пов'язана з каталітичною функцією кремнезему, яка посилюється присутністю оксиду алюмінію. Крім того, підвищена іонізуюча активність, спричинена непружними електронними зіткненнями, призводить до того, що температура електронів у плазмі дуг, засіяних кремнеземом, зростає з напругою розряду. Ці висновки можуть мати важливе значення для вдосконалення плазмових технологій у різноманітних промислових застосуваннях, оскільки вони надають глибоку інформацію про те, як засівання кремнезему впливає на властивості дугової плазми.

Ключові слова: дуговий розряд, кремнеземна затравка, електронна густина, електронна температура, зонди Ленгмюра.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.289775

ЖИВЛЕННЯ ПО ВОЛОКОННО-ОПТИЧНОМУ ПРОВІДНИКУ ДАТЧИКІВ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ РОБОТИ ШАХТИ (с. 15–23)

Ali Mekhtiyev, Pavel Dunayev, Yelena Neshina, Aliya Alkina, Raushan Aimagambetova, Gabit Mukhambetov, Lalita Kirichenko, Pyas Kazambayev

У статті описана система передачі електроенергії по волоконно-оптичному кабелю, яка дозволяє жити датчики та інші електронні пристрої наднизької потужності, розташовані в місцях гірничих виробок, до яких обов'язковою вимогою є пожежна безпека. Розроблена система дозволить замінити застосування мідних провідників. Результатом цих досліджень є розроблений лабораторний стенд, що дозволяє вимірювати параметри струму та напруги в гілці фотоприймача. Використано метод еквівалентного генератора, а також відомі закони схеми з двома виділеними вузлами для активної двополусної мережі. При аналізі літератури, наявних наукових досягнень і відкриттів у галузі досліджень сформована власна концепція дослідження, відмінна від закордонних аналогів. В ході експерименту дослідження проводились, коли фотоприймач знаходився в короткому замиканні, режимі холостого ходу та підключений до високоомного навантаження. На основі отриманих результатів побудовано вольт-амперні характеристики (ВАХ) та гістограми з використанням джерела випромінювання (лазера) потужністю 10 та 30 мВт. Наведено параметри та технічні характеристики опроміненого кристала кремнію та джерела випромінювання. Отримана електрична потужність була визначена за допомогою відомих законів електротехніки, включаючи закон Ома. Для обробки експериментальних даних використано квадратичну інтерполяцію функції, результати середньоквадратичної апроксимації та проведено регресійний аналіз. Розраховано абсолютну та відносну похибки. Коефіцієнт Стьюдента визначено з довірчим інтервалом $0,95$. За результатами дослідження визначено ефективність системи електропередачі.

Ключові слова: джерело живлення, оптичне волокно, фотovoltaїка, фотоефект, світлова хвиля, передача енергії.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.289773

УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНОГО ІНКЛІНОМЕТРА ДЛЯ ВІБРАЦІЙНОЇ ДІАГНОСТИКИ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОПУЛЬСИВНОГО КОМПЛЕКСУ З ПІДШИПНИКАМИ КОВЗАННЯ (с. 24–31)

А. К. Сандлер, В. В. Бодашко, С. Г. Хнюнін, В. М. Богач

Виключно великий вплив роботоспроможності суднового пропульсивного комплексу (СПК) на безпеку судна і судноплавства в цілому. Це вимагає здійснення постійного довготривалого технічного діагностування елементів СПК з метою визначення їх реального ресурсу. У першу чергу це відноситься до підшипникових вузлів СПК. Практичне використання концепції постійного діагностування вимагає впровадження новітніх засобів контролю технічного стану СПК, які в змозі значним чином підвищити вірогідність результатів вимірювань. Саме тому, розв'язання наукової проблеми створення засобів діагностики, інваріантних до експлуатаційних умов і адаптованих для безперервного, тривалого і достовірного моніторингу, а саме волоконно-оптичних інклінометрів (ВОІ), є актуальним. Для вирішення проблеми визначено об'єкт дослідження - волоконно-оптичні засоби вимірювання для контролю зміни геометричного положення або умов демпфування коливань у підшипникових вузлах елементів СПК. Проблема удосконалення волоконно-оптичних засобів полягала у підвищенні точності результатів вимірювань.

Отримані результати у вигляді удосконаленої математичної моделі ВОІ. Відмінність моделі полягає у враховуванні дійсних властивостей кожного шару матеріалу багатшарової структури реальних волоконно-оптичних хвилеводів. Відмінна риса пропоно-

ваного рішення полягає у тому, що опис процес оптико-механічного процесу у ВОІ за допомогою вдосконаленої математичної моделі є більш точним і наближеним до параметрів реального процесу, які визначені експериментально.

Результати дослідження належать до сфери систем та засобів технічного діагностування елементів СПК і можуть бути застосовані у першу чергу на кораблях, підводних човнах та суднах великої водотоннажності.

Ключові слова: волоконно-оптичний інклінометр, пропульсивний комплекс, шарувата структура, показник заломлення, математична модель.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.288339

РОЗРОБКА МЕТОДУ ЗМЕНШЕННЯ ПОХИБКИ ВИЗНАЧЕННЯ АМПЛІТУДИ ЗМІННОГО СТРУМУ БЕЗ ВИКОРИСТАННЯ ТРАНСФОРМАТОРІВ (с. 32–42)

Alexandr Neftissov, Assiya Sarinova, Ilyas Kazambayev, Lalita Kirichenko, Andrii Biloshchytskyi, Alexandr Kislov, Oxana Andreyeva

Об'єктом дослідження є методи визначення амплітуди струму без використання трансформаторів. Більшість рішень побудовано на герконах, що мають обмеження по швидкості роботи через механічну природу язичкових контактів. Отже, тривалість часу є випадковою величиною зі значним розкидом. Таким чином, завданням, яке необхідно вирішити є зменшення похибки визначення амплітуди струму, пов'язаної з механічними властивостями контактів. Згідно з проведенням аналізом літератури, наявність брязкоту контактів герконів збільшує похибку визначення амплітуди синусоїдального струму приблизно до 8–10 %. Математичне моделювання дозволило дослідити це явище та вивчити його вплив на метод. Запропонована модель була схвалена за допомогою натурального моделювання. Отже, для зменшення похибок вимірювання амплітуди струму за допомогою геркона була запропонована заміна аналоговим або дискретним датчиком Холла. Розроблено математичну модель роботи дискретного датчика Холла та метод визначення амплітуди змінного струму. В ході експерименту було встановлено, що аналоговий датчик Холла має обмеження при вимірюванні струмів великих швидкостей, при яких дискретний датчик працював стабільно. Тому був обраний останній. Варто зазначити, що вивчення поведінки датчика Холла обмежувалося значенням амплітуди змінного струму, що в чотири рази перевищує струм розмикання, із середньою похибкою менше 3 %. Метод, що підходить для дискретних датчиків Холла, дозволяє спростити та знизити вартість конструкції вимірювального приладу. Однак практична реалізація запропонованого методу вимагає також застосування пристроїв, що концентрують магнітне поле на поверхні датчика Холла.

Ключові слова: датчик Холла, магнітне поле, геркон, брязкіт контактів, синусоїдальний сигнал.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.285684

КОНДЕНСАТОР ДЛЯ ПРИДУШЕННЯ СТИБКІВ НАПРУГИ У НАПІВМОСТОВОМУ ІНВЕРТОРІ НА ОСНОВІ SiC-MOSFET ТРАНЗИСТОРА (с. 43–52)

Rini Nur Hasanah, Waru Djuriatno, Lunde Ardhenta, Hadi Suyono, Febry Pandu Wijaya, Hazli Mokhlis

У роботі розглядаються заходи щодо придушення стрибків напруги, що виникають під час роботи напівмостової схеми на основі SiC-MOSFET транзистора у топології інвертора. Дослідження важливо провести, оскільки при використанні Si-IGBT транзистора в якості перемикаючого компонента у напівмості проблема стрибків напруги не виникає; однак для деяких застосувань необхідні певні властивості, подібні до тих, які присутні у SiC-MOSFET транзисторі. У порівнянні з Si-IGBT з часом наростання/спаду в цілому понад 100 нс, використання SiC-MOSFET є кращим завдяки набагато коротшому часу перемикавання, менше 50 нс, що призводить до значно менших втрат при перемиканні та зниження робочої температури. Однак вибір звичайного електролітичного конденсатора в ланцюзі постійного струму може спричинити небажаний стрибок напруги під час роботи напівмосту. Причиною стрибка іноді називають паразитний ефект індуктивності високої частоти SiC-MOSFET. Дане дослідження доводить перевагу плівкового конденсатора для придушення стрибків напруги завдяки його нижчому еквівалентному послідовному опору (ESR), ніж у електролітичного конденсатора. Отримані результати сприяють розгляду при реалізації схеми в різних застосуваннях, оскільки поки знайдено не так багато робіт, в яких обговорюється використання плівкового конденсатора в ланцюзі постійного струму напівмостового інвертора на основі SiC-MOSFET. Дослідження також показує важливість розміщення плівкових конденсаторів на етапі проектування SiC-MOSFET; крім того, на ринку ще не знайдені контролери двигунів, оснащені інвертором, подібним описаному в даному дослідженні. Вивчені в роботі заходи допоможуть контролювати небажані скачки напруги, які часто виникають при застосуванні SiC-MOSFET у конструкції напівмостового інвертора.

Ключові слова: ланцюг постійного струму, еквівалентний послідовний опір, час спаду, плівковий конденсатор, напівміст, інвертор, час наростання, SiC-MOSFET, втрати при перемиканні, стрибок напруги.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.289781

РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИХ ДЗЕРКАЛЬНИХ АНАЛІЗАТОРІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРОННОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ (с. 53–61)

Zhanar Kambarova

Методи електронної спектроскопії широко використовуються в наукових дослідженнях і в технічних цілях. Основним елементом спектрометрів є аналізатор пучків заряджених частинок. Електростатичні дзеркальні системи отримали широке застосування завдяки більш простій практичній реалізації. При їх розробці ставилися дві мети: поліпшити якість просторового фокусування заряджених частинок або збільшити величину лінійної дисперсії енергії. Об'єктами дослідження є електростатичні системи, які характеризуються малими розмірами, простотою стабілізації та локалізації робочого поля та його екрануванням від зовнішніх електромагнітних завад. З усіх відомих типів енергоаналізаторів, придатних для аналізу твердих поверхонь, перевага віддається тим, які мають хороші електронно-оптичні властивості, прості у виготовленні та експлуатації. Тому об'єктом дослідження були обрані сферичні та циліндричні дзеркала, які стали основним інструментом для фірм-виробників спектрометрів. У роботі вирішується завдання розширення

функціональних можливостей цих систем шляхом, по-перше, об'єднання декількох методів дослідження в одному пристрої; по-друге, шляхом вирішення конкретних більш вузьких проблем. Запропоновано фотоелектронний або Оже-спектрометр зі збільшеною площею сканування, де початковий кут розкриття променю 4° після проходження циліндричного дзеркала збільшено до 10° , а розмитість зображення зменшена до 0,05 %. Розроблено Оже-електронний спектрометр для аналізу шорсткої поверхні, що дозволяє збільшити глибину зондування більш ніж у 5 разів. Розраховано енергоаналізатор подвійного фільтрувального типу. Енергетичну роздільну здатність було покращено до 1,37 % за рахунок усунення розмиття потенційного бар'єру в режимі низькоенергетичного фільтра. Раніше енергетична роздільна здатність була обмежена 10 % через цей недолік.

Ключові слова: електронна спектроскопія, сферичні та циліндричні дзеркала, енергоаналізатор.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.290102

РОЗРОБКА АЛЬТЕРНАТИВНОГО СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ РАДІОІЗОТОПНОГО ДЖЕРЕЛА ^{60}Co ДЛЯ ОПРОМІНЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ОРНІТОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН (с. 62–70)

Dmitriy Kim, Natalya Lutsenko

У статті представлений альтернативний спосіб виробництва джерела жорсткого гамма-випромінювання з ізотопом ^{60}Co для пропанованого пристрою радіоактивного опромінення птахів, яке є інноваційним у сфері орнітологічного забезпечення безпеки польотів повітряних суден. Однак дорожня виробництва радіонуклідного джерела ^{60}Co з активністю, достатньою для опромінення пернатих шкідників летальною або стерилізуючою дозою, становить серйозну проблему. Вирішення проблеми зниження вартості радіонуклідного джерела ^{60}Co може стати альтернативний спосіб його виготовлення у позареакторних умовах.

Отримані результати характеризуються такими особливостями та відмінними рисами, що дозволяють вирішити проблему, що вивчається:

- опромінюючий пристрій з радіоактивним ізотопом ^{60}Co викликає летальний або стерилізуючий ефект. Це набагато результативніше для забезпечення орнітологічної безпеки польотів повітряних суден порівняно з відомими методами відлякування хижих птахів, але при цьому нешкідливе для людини;

- виробництво радіонукліду ^{60}Co для опромінювальної установки здійснюється методом термодифузійного нагріву, що значно знижує вартість джерела в порівнянні з широко відомими методами його отримання в реакторі та прискорювачі.

Отримані результати знайдуть практичне застосування у сфері цивільної авіації для орнітологічного забезпечення безпеки польотів за умови дотримання національного та міжнародного законодавства. Крім того, запропонований спосіб виготовлення радіонуклідного джерела ^{60}Co , крім авіаційної орнітології, може знайти застосування в інших галузях промисловості, економіки та сільського господарства.

Ключові слова: авіаційна орнітологія, цивільна авіація, іонізуюче випромінювання, радіонуклідне джерело, доза опромінення.