

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«Саратовский государственный университет генетики,
биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»**



**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ЭНЕРГЕТИКИ АПК**

**Материалы XIV Национальной научно-практической
конференции с международным участием**

САРАТОВ, 2023 г.

УДК 338.436.33:620.9

ББК 31:65.32

А 42

Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы XIV Национальной научно-практической конференции с международным участием / Под общ. ред. С.М. Бакирова - Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023. - 292 с.

ISBN 978-5-7011-0829-3

В сборнике представлены материалы XIV Национальной научно-практической конференции, ежегодно организуемой кафедрой «Электрооборудование, энергообеспечение и роботизация» ФГБОУ ВО Вавиловский университет и проходившей на базе факультета инженерии и природообустройства 28 апреля 2023 года. В работах, в частности рассмотрены вопросы энерго-, ресурсосбережения в тепло- и электротехнологиях; автономного, в том числе, с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, электроснабжения сельскохозяйственных объектов; представлены новые подходы по совершенствованию методов и средств электротехнологий АПК. Тематика представленного в сборнике материала будет интересна специалистам в области электроэнергетики, преподавателям и студентам технических ВУЗов и всем интересующимся указанными направлениями.

Редакционная коллегия:

Бакиров С.М., д.т.н., заведующий кафедрой «Электрооборудование, энергоснабжение и роботизация», ФГБОУ ВО Вавиловский университет;

Трушкин В.А., к.т.н., доцент кафедры «Электрооборудование, энергоснабжение и роботизация», ФГБОУ ВО Вавиловский университет;

Оськин С.В., д.т.н., профессор кафедры «Электрических машин и электропривода», ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ;

Шерьязов С.К., д.т.н., профессор кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ;

Угаров Г.Г., д.т.н., профессор кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» Камышинский технологический институт (филиал) ВолгГТУ;

Каргин В.А., д.т.н., профессор кафедры «Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами» Российского биотехнологического университета (РОСБИОТЕХ);

Садыкова Л.А., к.т.н., ассоциированный профессор кафедры «Техника и технологии» Западно-Казахстанского инновационно-технологического университета;

Бахтеев С.В., к.т.н., доцент кафедры «Электрооборудование, энергоснабжение и роботизация», ФГБОУ ВО Вавиловский университет;

Чурляева О.Н., к.т.н., доцент кафедры «Электрооборудование, энергоснабжение и роботизация», ФГБОУ ВО Вавиловский университет.

УДК 338.436.33:620.9

ББК 31:65.32

ISBN 978-5-7011-0829-3

© ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023

CHEMISTRY, PROPERTIES, AND ENERGY STORAGE APPLICATIONS OF METAL-ORGANIC FRAMEWORKS

Nikhil Kumar^{1*}, Nataliya A. Ivanova² and Sergei M. Bakirov³

¹Functional Materials Group, Advanced Materials & Processes (AMP) Division, CSIR-National Metallurgical Laboratory (NML), Burmamines, East Singhbhum, Jamshedpur, Jharkhand-831007, India.

²National Research Centre “Kurchatov Institute”, 1, Akademika Kurchatova Sq., Moscow 123182, Russia.

³Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering. N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹kumar.nikhil@nmlindia.org, <https://orcid.org/0000-0003-1693-859X>

²Ivanovana.1989@mail.ru,

³s.m.bakirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9392-7627>

Abstract. Production of green and sustainable energy from renewable sources is a worldwide demand for future generation energy-based technologies. The paucity of natural fossil fuels stocks and burning of carbon-containing fuels are continuously rising global warming and air pollution. Therefore, the necessity for clean energies generation and its storage in portable devices to meet the on-demand utilization. However, the efficiency of energy storage materials is still inadequate for widespread real-world applications because of their sluggish kinetics of ion diffusion, lack of efficiency in incompatible weather conditions and poor chemical stability. Thusly, it is highly necessary to investigate new advanced functional materials for energy storage applications. In this minireview, authors are specifically discussing the decoration, designing and synthesis, basic fundamental chemistry, and physicochemical properties of metal-organic frameworks (MOFs) utilized as efficient electrode materials for various energy storage systems such as batteries and supercapacitors. Generally, MOFs are the combination of inorganic metal ions and organic ligands/linkers possessing unique properties like high porosity and electrical conductivity, large surface area, more redox active sites and stability due to their structural engineering and compositional modifications. In the recent past, MOFs-based electrode materials have confronted so many challenges in terms of flexibility to select suitable metals ions and organic ligand moieties, ease of composite preparation, rich host-guest interactions, desired morphology and properties, process scalability and many more which needs to be discussed thoroughly for its full-proof use in the real-time application as energy storage materials.

Keywords: MOFs, Compositional flexibility, Conductivity, Energy storage, Batteries, Supercapacitors.

For citation: Kumar N. Chemistry, Properties, and Energy Storage Applications of Metal-organic frameworks/ N. Kumar, N.A. Ivanova, S.M. Bakirov // Actual problems of energy in the agro-industrial complex: materials of the XIV National

Introduction. Clean energy is extensively demanding in the current modern world, to develop next generation energy storage devices. In this context, a new class of porous crystalline materials namely: metal–organic frameworks (MOFs) become potential candidates and also drawing the attention of researchers and academicians to fulfill the necessity for next-energy storage devices. MOFs also known as metal-organic materials, porous coordination polymers, porous coordination network materials and metal-organic coordination network comprises with inorganic metal clusters/ions and flexible multidentate organic ligands/linkers, have emerged as a most encouraging class of solid porous materials since last two decades with state-of-the-art chemistry. A pioneering work of three scientists Omar M. Yaghi, G. Ferey and S. Kitagawa born this term “MOF” [1]. Nowadays, these multifunctional materials have proved themselves by contributing for the benefits of society in different sectors like health, energy, and environmental issues. Generally, MOFs have possible connectivity of organic ligands with different metal nodes, known as supra-molecular building blocks (SBBs) or secondary building units (SBUs) leads to the synthesis of predictable MOFs with different architectures and structural engineering by virtue of reticular chemistry. Importantly, the topology and SBUs are the only criteria to produce application-specific framework materials along with anticipated characteristics. The ultrahigh porosity, huge internal surface area and an infinite number of choices of inorganic and organic components, make MOFs excellent candidates for large number of tremendous applications in different fields such as adsorption, biomedical imaging and drug delivery, magnetism, catalysis, clean energy, sensors, gas storage and gas/vapor separation, thin-film and membrane devices, luminescence, conductors, pharmaceuticals, spintronics, dielectric and ferroelectricity, energy generation, conversion and energy storage devices [2].

Notably, the available functional groups, geometry and flexibility organic ligands are responsible factors to vary the coordination, structural engineering and functionality of targeted framework materials along with targeted topologies. By this fact, several aromatic and aliphatic functional groups such as benzene di-, tri, tetra- and hexa-carboxylates, thiolates, azolates, peptides, amino acids and their related moieties are commonly utilized as organic building units to construct a series of MOFs with exciting features [3]. Nonetheless, the poor chemical stability of some MOFs limits their applicability up to an extent. Therefore, it is highly desirable to investigate more to improve and enhance activities, physicochemical properties and incorporate new functionalities. In literature, plethora of research is available regarding doping, assisting or composite making with a variety of active, energetic and efficient functional materials like graphene, phosphides, sulfides, metal oxides, carbon black, MXenes and carbon nanotubes to overcome the weaknesses of pristine MOFs. These kind of new approaches provide a new path with numerous opportunities for academicians, chemists and researchers to do innovations with amazing multidimensional properties and technologically important industrial applications. MOFs-based composites are unswervingly used as precursors for

inorganic solids/advanced materials with large number of potential practical applications in coatings, sensing, catalysis, separation, bio-medical as well as energy generation, conversion and storage [4]. This review article focused on the recent noteworthy progress of MOFs, their classification, synthesis and properties along with their performance in energy storage applications. A pictorial representation of MOF synthesis and utilization for energy storage application has been displayed in Figure 1. The synergistic effects of metal ions and organic ligands along with responsible key factors have also been discussed in details.

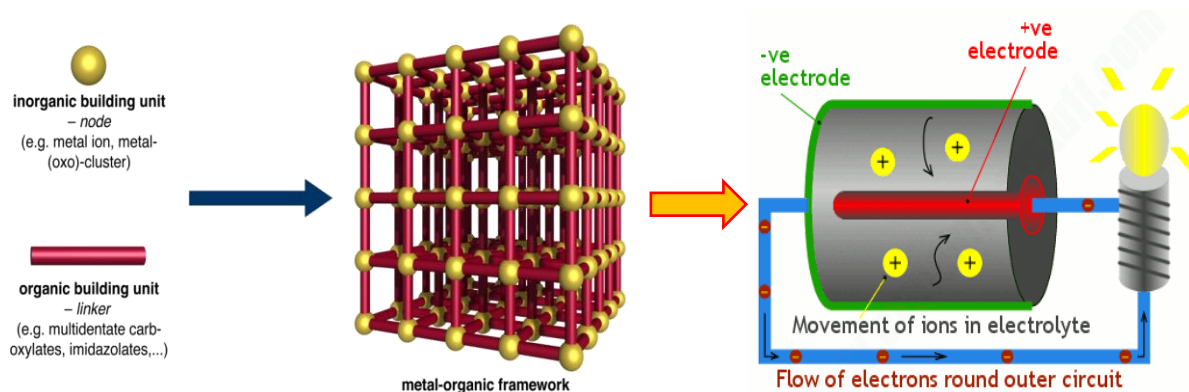


Figure 1 - Pictorial representation of MOFs for energy storage applications

Chemistry of MOFs: Classification, Synthesis and Properties. MOFs are a diversified family of porous solid crystalline polymeric materials composed of metal ions mutually connected by organic bridging ligands. Ordinarily, the ligands are an organic moiety/molecule that contains any of the functional groups like amine, pyridine, carboxylic acid and others, present in their structure. The length, size, geometry and dimensionality of the ligand and metal ions of different groups (alkali, alkaline earth metals or *s*-block, *p*-block, *d*-block or transition metals, and *f*-block or rare earth metals) are main responsible factors for the pore size of the framework. Different oxidation state and geometries of metal ions decide the structural transformation of the framework. The dimensionality and crystal structure topology based classification of MOFs are as one-dimensional (1D), two-dimensional (2D), and three-dimensional (3D) infinite networks [13]. In addition to this, the most noticeable issue to investigate is the method or technique used to produce the MOFs that involve a number of parameters such as molar ratio of solvent/solvent mixture, temperature, volume, pH value, pressure, and many others that obstructs the formation of targeted materials. In the last two decades, various synthetic methods have been employed for the synthesis of MOFs such as hydrothermal, solvothermal, diffusion, layering or slow evaporation, conventional electric heating, microwave synthesis, electrochemical, sonochemical and mechanochemistry [5]. There are some more high-throughput methods also available in literature such as conventional step-by-step methods for different thin films, membranes and composites.

Transition, Inner transition and Mixed metal-based MOFs. The literature on *s*-block and *p*-block metals-based MOFs is very less in basic and applied chemistry due to their inflexible features and low stability. These MOFs also have very limited

crystal structures and complications in the structural formations which restrict their applicability in a broader context. Sc and Ti-based MOFs are often employed for highly selective H₂ evolution and storage, CO₂ capture, sorption, catalysis, and more [6]. Vanadium and Manganese (II) ions/clusters-based MOFs are rarely found but mostly applicable in catalytic transformation, oxidation and ozone decomposition, magnetism, and separation of CO₂, CH₄, N₂ and electrode materials for batteries and supercapacitors (SCs) [2]. Cr-based MOFs are less investigated but still exhibits environmental remediation and carrier systems applications [18]. Fe-based MOFs have shown good biomedical applications such as drug delivery, glucose biosensing and degradation of volatile compound [2]. Co and Ni-based MOFs are cheap and cost-effective state-of-the-art electrocatalysts for energy generation (OER, ORR, HER), fuel cell, batteries, supercapacitors. Several reports are available on Cu and Zn-based MOFs used as sensors, conductors, gas separators, catalysis, fluorescent and colorimetric detectors [7]. There are a large number of Cd, Ag and In-based MOFs are also reported for catalysis, dye adsorption and supercapacitors.

Presently, Inner transition metal or *f*-block elements or rare earth (RE) metals renowned as an alternate optimal for next generation technologies because of their unique electronic properties specified by electronic configuration of 4*f* and 5*f* sub shell. A careful tuning of metal node and organic ligand units, RE metal-based MOFs can be accumulated into fascinating network structures partaking diverse and multifaceted topologies, owing infinite possibilities for the development of new functional materials. These unique characteristics of RE-MOFs (La³⁺ to Lu³⁺) prolonging their applicability in diversified field of sensing such as cations, anions, small molecule, nitro-aromatic or explosives, gases, vapor, solvents, pH, temperature, bio-sensing and so on. In addition to this, they also showing large scale applications in white light emission, medical/biological markers, drug delivery, near Infrared (NIR) ray emission, CO₂ valorization, catalysis like carbon-carbon bond formation, gas adsorption and separation [7]. Substantially, Actinide-based (An-MOFs) framework materials are comprising of actinide nodes and organic linkers are underexplored and still facing challenges in their synthesis, characterization and properties measurements. After all, An-MOFs especially thorium and uranium are used as scintillators, selective adsorbents, nuclear targets, luminescent sensors, heterogeneous catalysts, conductors and semiconductors.

Mixed-metal MOFs (MM-MOFs) resulted in high performance with more stability in comparison to single-metal based MOFs due to the occurrence of two or more metal nodes in the same structure. Interestingly, more than one metal in the structure offers infinite opportunities in terms of properties and multifunctionality of framework material towards a targeted application. The synergistic effects of two or more different metals possesses better performance than single-metal based MOFs mostly in gas separation and storage, catalysis, photoactive materials, thermochromic thermometers, and sensing. MM-MOFs have shown better thermal, chemical and water stability. The advantages of bimetallic or mixed metallic MOFs are their improved adsorption capacity and electrical conductivity, selective adsorption capacity or good catalytic activity due to integrating metal ions with distinct open metal sites, intriguing luminescence properties by following energy transfer

mechanisms namely MMCT, MLCT, LMCT and $d-d$ transitions amongst the bimetals [8].

Brief Description of Energy Storage Systems. Nowadays, world is looking for energy storage and related technologies for the advancement of our day to day life. There are a lot of devices available in the market such as smart watches, mobile phones, headphones, electric vehicles, power banks, batteries, SCs and many more [9]. In general, there are mainly two types of energy storage devices: batteries and capacitors. Furthermore, the battery technologies include different type of batteries (lithium-ion (Li-ion) batteries, lead-acid (LA) batteries, sodium-sulfur (SS) batteries, Zn-air batteries, redox flow batteries), which works upon different electrochemical reactions to store charge/electricity. There are a large number of electrode materials already reported in literature are any inorganic or organic nonporous solids made up of simple constituent or porous materials (metal oxides, conductive polymers, and porous carbons). But, these materials have drawback of poor structural, compositional and chemical accuracy. Henceforward, a class of crystalline porous materials (MOFs, COFs or hybrid frameworks) have good combination of high porosity, tenability, structural precision, and versatility.

Batteries. A combined pack of one or more cells called battery, comprising a positively charged electrode termed as cathode, and a negatively charged electrode called anode, separated by a separator and an electrolyte (solid or liquid). In recent past, batteries emerged as most promising and emerging energy storage devices possessing their high energy and power density, stable output voltage, improved safety performance, easily movable, and long cycle life which all allow mature modern industrialized technology and large-scale applicability. Here, some brief classifications of some main batteries are: Lithium Batteries (LIBs, LSBs, LABs), Sodium-ion Batteries (SIBs), ZincBatteries (ZABs, ZN/CBs, ZIBs) and Ni-Fe Batteries (NFBs).

In this context, a lithium-based Li-ion battery (LIB) works on the movement of Li-ions from the positive electrode to the negative electrode through the electrolyte. LIBs are considered “workhorses” for electric vehicles and portable electronics. In contrast, they still face several challenges: large volume variation in the ion intercalation and deintercalation resulting in capacity fading, low power density due to sluggish kinetics of ion diffusion, and transmission of reactive sites. LSBs are based on sulphur as a cathode due to the easy abundance of low-cost sulphur resources as well as its exceptionally high theoretical power/energy density (approx. 2600 WhKg^{-1}). There are several limitations of LSBs such as sluggish electrochemical kinetics at sulphur-based cathode, severe polarization, poor cycle stability due to solubility of intermediate polysulfides (LiPSs) in several organic electrolytes, capacity fading because of huge change in volume of cathode throughout charging/discharging process. LABs are the combination of metal Li anode and oxygen cathode show excellent performance but on the other hand, their applicability also hampers due to extra product (like Li_2CO_3) formed by side reactions, poor rate performance and large over potential, low power densities because of less electron transport and sluggish ion diffusion.

SIBs came into existence and become the center of attraction for researchers due to abundance and low cost of sodium metal. Interestingly, sodium shows similar physical and chemical properties to Li. Due to this, SIBs turn out to be an alternate potential contender to LIBs for industrial scale energy storage. Zn-based batteries are broadly investigated owing to their low cost, abundance of Zn source, high safety and outstanding compatibility of aqueous electrolyte. On contrary, they are also facing a number of challenges including low power density and high polarization, inadequate reactant diffusion and slow-moving kinetics. The rechargeable ZABs involve air cathodes followed by electrochemical OER and ORR occurs at the time of the charging/discharging process. In assessment to ZABs, zinc-nickel/cobalt batteries (ZN/CBs) are capable to deliver excellent discharging voltages with lesser polarization. ZIBs prefers weak acid or neutral aqueous solutions as electrolytes while ZABs and ZN/CBs adopted alkaline electrolytes. There are very less chances to spoil the electrolyte by corroding the packaging material or current collectors and also avoiding injuries or accidents from electrolyte leakage. Significantly, Ni-Fe batteries (NFBs) have emerged and secured a prominent place in a group of aqueous alkaline (OH⁻) batteries due to the plentiful Ni/Fe source, stable output voltage, low cost and excellent electrochemical properties. The slow electron and ion transport are responsible factors for poor life cycle and low rate capability which further limits the production of NFBs [10].

Supercapacitors (SCs). Supercapacitors or ultracapacitors are well known energy storage devices but these have different features than conventional capacitors and traditional batteries because of their ultrafast charge/discharge rates, longer cycle life, excellent power, and high energy density. They are mainly classified into three types of SCs depends on their charge storage mechanism: electric double-layer capacitor (EDLC), pseudocapacitors (PCs) and hybrid supercapacitors (HSCs). This HSCs is an upright combination of both EDLC and PC. The performance of any supercapacitor is fully depends on the preparation method, large surface area, porosity, fast electron transfer ability and abundant redox active sites of electrodes used for achieving high energy densities along with excellent power densities. In addition to this, high conductivity along with more number of active metal sites are recognized as basic requisite feature of a MOF towards electrochemical energy applications. All the three types of SCs (EDLCs, PCs and HSCs) are briefly discussed here.

Electric double layer capacitor, Pseudocapacitor and Hybrid SCs. EDLCs are the systems, which works to store electrical energy engendered at the electrode-electrolyte interface by intercalating charges of double layers. The deposition of charges is the main responsible factor for its high-power density, fast charge-discharge kinetics, durable-life cycling ability ($\leq 10^6$ cycles). A negligible degradation take place because of the absentia of any chemical reaction or side reaction in the process. EDLC follow non-faradaic electrical mechanism which results into its highly reversible charging-discharging cycles. Unfortunately, the limited number of choices for electrode materials is the main shortcoming of EDLCs because EDLC-based devices needs extremely high conductive material-based electrodes. At present, ionic conductive electrolytes and carbon-based materials such as graphene, MXenes,

carbon nanotubes (CNTs), activated carbon, graphite and many more are recognized as most studied charge storage electrode materials for EDLCs [2].

PCs came into existence in 1997 follows faradaic mechanisms to store energy by charge transfer and fast redox reactions between electrolyte and electrode surface. These capacitors also known as faradaic SCs. A variety of methods such as electrospinning, intercalation, and redox processes are available to prepare electrodes for PCs. EDLC and PCs both follow faradaic process, which is the reason of their similar electrochemical performance but PCs exhibits higher energy densities than EDLCs. Interestingly, the power density, cycle life stability, and durability of PCs are lesser than EDLCs as of the involvement of chemical reactions. The electrode materials of PCs include metal oxides (RuO_2 , MnO_2), conductive polymers (polypyrroles, polythiophenes, and polyanilines) and metal-doped carbon shows excellent specific capacitance [10]. In addition to this, the new type of capacitor includes polarizable as well as non-polarizable electrode materials for storing charge by following both faradaic and non-faradaic processes. This interesting characteristic makes them well suitable candidates for high energy storage capacity with a combination of battery as well as Supercapacitors-type electrodes reflecting superior cycling stability and cost-effective than traditional EDLCs. HSCs are an advanced version of conventional symmetric SCs exhibit upper operating voltage, high energy density (up to 10 times) and superior capacitance with a negligible self-discharge capacity. The only unique characteristic of HSCs is that they will never fully discharged whereas traditional SCs discharged to zero volts easily. HSCs are proved themselves as the most desirable and efficient energy storage devices with flexible performance for power and energy densities. The upcoming technological development and innovations expose that hybrid ion based capacitors are the main key segments not only in HSCs but also for the overall energy storage field. Researchers also put their efforts to overcome the challenges of HSCs not only for sodium-ion, lithium-ion, and zinc-ion capacitors but also for calcium-ion, magnesium-ion, aluminum-ion, and potassium-ion based capacitors.

Key Factors in MOFs for Energy Storage

A family of framework materials including MOFs, COFs, HOFs or open frameworks are comprehensively hired for the development of efficient energy storage systems and future energy technologies. Here authors have discussed main features of MOFs makes them a novel electrode material are their highly porous framework which can easily accommodate more number of ions via a multi-electron redox reaction process and successfully contribute towards high capacity. The second important feature is the ordering of open channels which allows to rapid ionic transport for bulky anions and complex multivalent cations. Substantially, there are some more notable factors responsible for energy storage through MOFs are fast electronic transmission, abundant active sites, large specific surface area, seamless contact, and more tunable porosities. To improve electrode kinetics and reaction pathway is an important parameter in electrochemical-mediated processes employed in batteries and SCs. The lethargic electrode kinetics at the electrode surface or poor charge transfer limits energy efficiency, capacity, and electrode passivation related to energy applications. MOFs are the remarkable electrode materials among all emerging porous materials

families due to the strong absorbability and tenable affinity to the reactant, large numbers of active catalytic sites and metal centres throughout the porous framework for synergistic interactions.

Summary and Future Perspectives

Herein, authors have summarized the ongoing research progress in the design, syntheses, physicochemical properties and electrochemical energy storage applications of MOFs. This mini review includes various synthetic strategies, advantages and responsible factors for making high performance electrodes for next generation energy storage devices like batteries and supercapacitors. Literature reveals that MOF-based/derived electrodes are more efficient owing to their conductive substrates, high mechanical stability and fast ions and electron transport pathway than conventional electrodes. The only weakness of poor conductivity pristine MOFs has also overcome by using MOF composites-based electrodes. The great combination with flexible crystal structure, large specific surface area, more number of active sites and high porosity with tenability, MOF-based/derived electrodes shown innumerable unique advantages for energy storage applications including sodium-ion batteries, lithium-ion, lithium sulphur or lithium air batteries, zinc-ion, zinc air and zinc nickel-cobalt batteries, nickel-iron batteries and supercapacitors including EDLCs, PCs and HSCs. Authors believed that the present mini review will inspire and motivate the readers to adopt sustainable way for making industrially active MOF composites employed for decorating new energy storage devices for future generations.

Acknowledgements. The corresponding author is thankful to Director of CSIR-NML for his support and encouragement through research grant OLP-0426 project.

References

1. H. Li, M. Eddaoudi, M. O’Keeffe and O. M. Yaghi, “Design and synthesis of an exceptionally stable and highly porous metal-organic framework,” *Nature*, vol. 402, pp. 276–279, Nov. 1999.
2. B. He, Q. Zhang, Z. Pan, L. Li, C. Li, Y. Ling, Z. Wang, M. Chen, Z. Wang, Y. Yao, Q. Li, L. Sun, J. Wang and L. Wei, “Freestanding Metal–Organic Frameworks and Their Derivatives: An Emerging Platform for Electrochemical Energy Storage and Conversion,” *Chem. Rev.*, vol. 11, pp. 10087–10125, Apr. 2022.
3. A. Bavykina, N. Kolobov, I. S. Khan, J. A. Bau, A. Ramirez and J. Gascon, “Metal–organic frameworks in heterogeneous catalysis: recent progress, new trends, and future perspectives. *Chem. rev.*, vol. 120, pp. 8468-8535, Mar. 2020.
4. N. Kumar, T. Rom, V. Singh and A. K. Paul, “Transition metal ions regulated structural and catalytic behaviors of coordination polymers,” *Cryst. Growth Des.*, vol. 20, pp. 5277–5288, Jun. 2020.
5. T. Rom, N. Kumar, A. Agrawal, A. Gaur and A. K. Paul, “Syntheses, crystal structures, topology and dual electronic behaviors of a family of amine-templated three-dimensional zinc-organophosphonate hybrid solids,” *J. Mol. Struct.*, vol. 1263, pp. 133087, Sept. 2022.

6. A. E. Baumann, D. A. Burns, B. Liu and V. S. Thoi, "Metal-organic framework functionalization and design strategies for advanced electrochemical energy storage devices," *Commun. Chem.*, vol. 2, pp. 86-99, Jul. 2019.
7. N. Kumar and A. K. Paul, "Triggering Lewis acidic nature through the variation of coordination environment of Cd-centers in 2D-coordination polymers," *Inorg. Chem.*, vol. 59, pp. 1284–1294, Jan. 2020.
8. J. W. Gittins, C. J. Balhatchet, S. M. Fairclough and A. C. Forse, "Forse. Enhancing the energy storage performances of metal–organic frameworks by controlling microstructure," *Chem. Sci.*, vol. 13, pp. 9210-9219, May. 2022.
9. Y. Tang, H. Zhang, Y. Jin, J. Shi and R. Zou, "Boosting the electrochemical energy storage and conversion performance by structural distortion in metal–organic frameworks," *Chem. Eng. J.*, vol. 443, pp. 136269, Sept. 2022.
10. T. Qiu, Z. Liang, W. Guo, H. Tabassum, S. Gao and R. Zou, "Metal–Organic Framework-Based Materials for Energy Conversion and Storage," *ACS Energy Lett.*, vol. 5, pp. 520-532, Jan. 2020.

© Kumar N., Ivanova N.A., S.M. Bakirov, 2023

Scientific article

UDK 541.13

ELECTROCHEMICAL DEVICES WITH PROTON EXCHANGE MEMBRANE FOR A DISTRIBUTED NETWORK OF POWER ENERGY

Natalia A. Ivanova¹, Nikhil Kumar², Dmitry D. Spasov^{1,3}, Ruslan M. Mensharapov¹, Vladimir N. Fateev¹

¹NRC «Kurchatov Institute», Moscow, Russia

²Function Materials Group, Advanced Material & Processes (AMP) Division, CSIR - National Metallurgical Laboratory (NML), Jamshedpur, India

³National Research University «Moscow Power Engineering Institute», 14, Krasnokazarmennaya st., 111250 Moscow, Russia

¹Ivanovana.1989@mail.ru

Abstract. The paper presents an analysis of the prospects for the development of small-scale power generation in Russia, especially in remote regions due to the transition to renewable energy sources and hydrogen technologies. The high flexibility of electrochemical power sources in the case of use in areas with different climatic conditions and electricity needs is noted. The advantages of using proton-exchange membrane fuel cells as current sources for low-power generation are shown. The proton-exchange membrane fuel cell stack with a rated power of 150 W developed at the National Research Center "Kurchatov Institute" is presented.

Keywords: hydrogen technology, electrochemical devices, fuel cell, proton exchange membrane

For citation: Ivanova N.A. Electrochemical Devices with Proton exchange membrane for a Distributed Network of Power energy/ N.A. Ivanova, N. Kumar, D.D. Spasov, R.M. Mensharapov, V.N. Fateev // Actual problems of energy in the agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. S.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023.

Introduction. Global trends [1-6] toward decentralization in energy production and the use of small-scale distributed energy approaches have an impact on the development of the energy market in Russia.

According to the estimates of the Ministry of Energy of the Russian Federation, the potential for small-scale generation is about 100 thousand small isolated settlements throughout Russia, including the northern territories, where it is expensive and impractical to provide a centralized energy supply and small-scale energy can be considered as an economically efficient source of energy supply.

The prospect of distributed energy is most noticeable in remote areas of Russia, where it is impossible to use centralized systems. Currently, about 65% of the territory of Russia (Figure 1) is in the zone of isolated (autonomous) energy supply [2, 3, 5] and is mainly provided with electricity from diesel power plants (DPP) operating on imported fuel with electricity generation of about 3000 billion kWh/year. At the same time, the main problems are the low efficiency and reliability of their operation due to the depreciation of equipment, in which the cost of energy produced is in the range of 15–150 rubles/kWh.

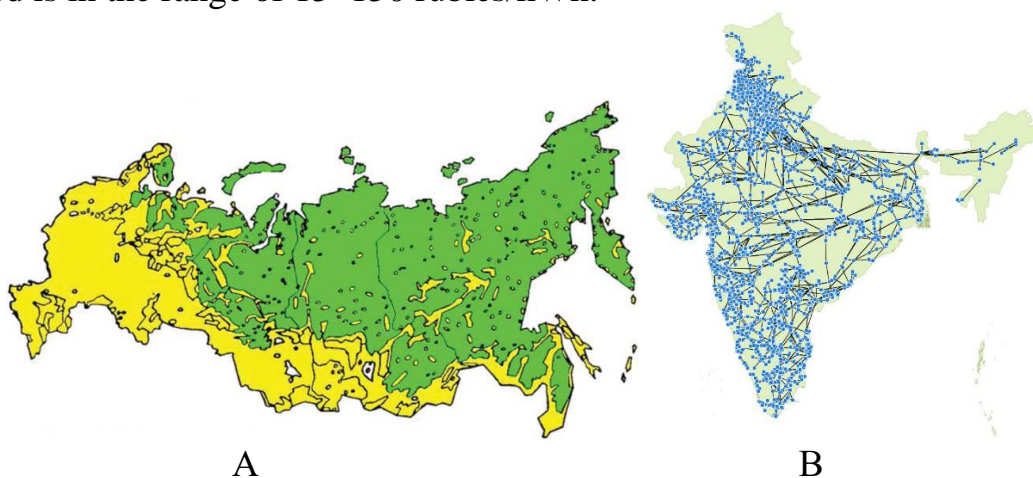


Figure 1

Figure 1. (A) Centralized and decentralized (yellow and green sectors, respectively) power energy supply in Russia. (B) Visualization of the power network for the highest voltage level (≥ 220 kV) for India [6].

There is also a great potential for the development of small-scale generation at the infrastructure facilities of the Northern Sea Route, and facilities of the Ministry of Natural Resources. This is the power supply of meteorological stations, lighthouses, aircraft, ship equipment, cellular communication facilities, fishing farms, campsites, and field development fossil fuel.

Meeting the needs of domestic energy consumption of still un-gasified households also deserves special attention. The constant increase in the needs of

households expands the list of targeted applications of small-scale generation: now it is not only the provision of household appliances, heating, and lighting but also irrigation systems, pumping stations, and fire and security systems.

In Russia, distributed energy already accounts for 5-10% of the total volume [3]. The total installed capacity of small power plants is 12-17 GW. Diesel generation is widely used in remote areas. However, the vector of development is aimed at the creation of renewable energy sources, including solar power plants (for example, in Yakutia - solar power plants in the village of Batagai, Yuchyugei, Dulgalakh.). The main stimulus for their construction was the desire to minimize costs. Energy from diesel power plants is very expensive since the main component of the price is the cost of delivering fuel to remote areas. The installation of renewable energy generation allows you to achieve significant savings. The development of distributed generation in isolated areas can be considered an extremely promising direction.

Distributed energy in Russia has significant potential, the assessment of which in [2,3,5] was based on the country's need for generating capacity, as well as the potential for energy efficiency improvement, demand management, development of distributed cogeneration, own generation of consumers, and distributed RES. Even in the scenario of partial use of this potential, it is cover more than half of the demand for generating capacities using various distributed energy technologies (about 36 GW by 2035). At the same time, distributed cogeneration (a technology that shows high efficiency in the northern countries of Europe [1,4]) has the greatest prospects in Russia - according to the most conservative estimates, its potential is about 17 GW. Own generation of consumers can provide an additional 13 GW, demand management - up to 4 GW, energy efficiency - 1.5 GW, and microgeneration on RES - 0.6 GW. The scenario of the full use of the potential of distributed energy shows the possibility of covering the entire forecasted need for generating capacities with its help.

Also are noted the capacities that will appear in connection with the need to decommission thermal power plants, which by 2020-2025 will have exhausted their resources. The increase in the capacity of distributed energy facilities to replace large thermal power plants will be about 30 GW (base scenario) [5].

The total potential of microgeneration on RES is about 86.5 GW (installed capacity). The maximum potential is concentrated in the Central, Southern, and Volga Federal Districts (67% of the total potential), the North Caucasus, Southern, and Far Eastern Federal Districts are also in the lead.

The aggravating geopolitical situation and environmental problems associated with the uneven production and use of fossil fuels in the short term create an energy niche for the development of hydrogen technologies, namely the production and use of hydrogen as environmentally friendly energy for various fields of human life. All this forms certain country-specific areas of research in the field of fuel cells and hydrogen energy in general.

The major device in all hydrogen energy is the fuel cell. Fuel cells with proton exchange membranes (PEMFC) are considered the most promising and reliable power energy source for vehicles and various areas of human life. Due to the flexibility and wide range of parameters of power plants, hydrogen technology makes

solve a wide range of autonomous generation tasks to create a highly efficient distributed energy network. The use of electrolyzers for the accumulation of excess RES power into hydrogen as an energy carrier is a universal solution for a wide range of primary energy sources (from nuclear power plants to RES, including wind turbines and solar panels).

Among developing countries, India is a good example, currently focusing on the development of a renewable energy market. With a population of 1.3 billion, India has a massive demand for energy to fuel its rapidly growing economy. From a power deficit nation, nowadays India is a power surplus nation with a total installed electricity capacity of over Four lakh MW (see Figure 1B). Keeping in mind the sustainable development goals, India's power generation mix is rapidly shifting towards a more significant share of renewable energy. Today, India is the world's third largest producer of renewable energy, with 40% of its installed electricity capacity coming from non-fossil fuel sources. The government has set an ambitious target of having 500 GW of installed renewable energy by 2030, which includes the installation of 280 GW of solar power and 140 GW of wind power.

The main direction in the development of hydrogen technologies for distributed small-scale energy in Russia is the need to develop and create our own highly efficient technologies for creating electrolyzers and fuel cells and support the scientific and technical potential of domestic hydrogen development centers, including highly efficient technologies for the production, storage, transportation, and use of hydrogen in power plants. A domestic fuel cell stack with PEM made at the National Research Center "Kurchatov Institute" is presented in this paper.

Materials and methods. A PEMFC stack was manufactured. In the process, the methods previously developed at the National Research Center "Kurchatov Institute" were used [7-10].

Each cell of the fuel cell stack is an integrated structure (block), where the membrane-electrode assembly (MEA) and bipolar plates are combined by gluing into a sealed unit. The design of this unit includes a membrane (up to 50 μm thick) sandwiched between two porous carbon graphite current collectors coated with electrocatalytic layers. The anode (hydrogen) current collector is pressed against the membrane with a titanium mesh insert, and the cathode (air) collector is pressed against the membrane with a corrugated titanium plate with a titanium mesh welded onto it. Bipolar plates are titanium sheets with slotted channels for hydrogen supply. The block is completely sealed.



Figure 2 - PEMFC block unit

Such a block (Figure 2) is an independent assembly unit. This makes to perform a preliminary check of each MEA for tightness, electrical parameters, and their sorting by performance and greatly simplifies the formation of the MEAs into a stack. In the event of failure, it is possible to replace the MEA without significant deterioration in stack performance.

Blocks are clamped between the end plates and tightened with six studs. The purpose of the end plates is to maintain compressive stresses in the stack to ensure contact between the electrodes and the membrane, as well as to pressurize the adhesive layers of the frames. In addition, the end plate serves to fasten the hydrogen supply fittings. The stack is shown in Figure 3.

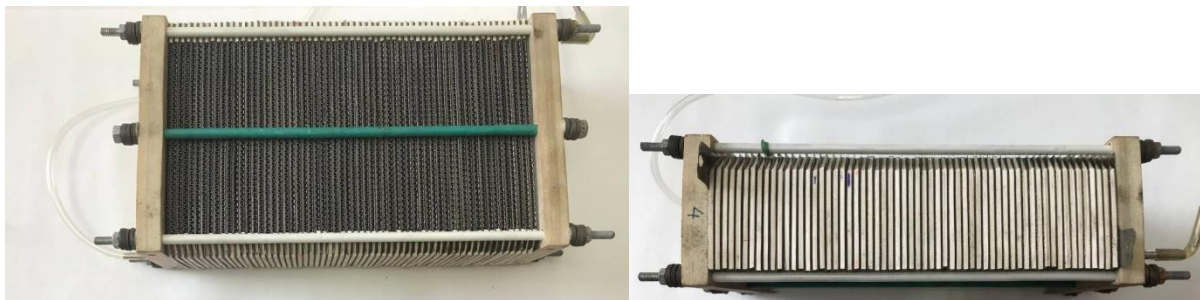


Figure 3 – PEMFC stack

The i - V curves of the stack were recorded in the potentiodynamic mode in the voltage range from 54 to 9 V at 35°C. Hydrogen was humidified to saturation by bubbling through the water at 50 °C. Air was supplied by a compressor without preliminary preparation.

Results. i - V curves of the stack presented on Figure 4.

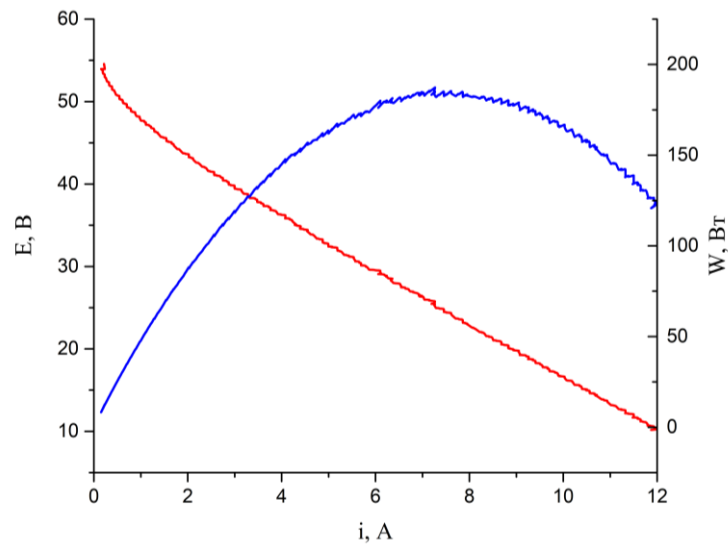


Figure 4 - i-V curves of the stack

This PEMFC stack (NRC «Kurchatov Institute», Russia) with air-cooling (open cathode) provides 150W of electrical power. It can be operated with dry and ambient media. The stack can be used in e-mobility applications or testing environments.

Output Performance:

- Nominal Power: 150 W
- Nominal Current: 5 ± 1 A (at nominal power)
- Operational Voltage: 36 ± 1.5 V (at nominal power)
- Number of cells in the stack: 60
- Operational Voltage Range: 36-54 V
- Efficiency: ~40-45%

Hydrogen Fuel Requirement:

- Hydrogen Purity: >99.99% (CO content being <1 ppm)
- Hydrogen Pressure: 0.1 MPa
- Hydrogen Consumption: ~2.0 - 2.2 L/min (at nominal power)

Environmental Characteristics:

- Ambient Temperature: -15 to 55 °C

Physical Characteristics:

- Stack Size (mm): 63 x 193 x 110 mm
- Stack Weight: 1.5kg

The performance of the manufactured stack corresponds to world analogs, this device can be used in the systems of small-scale energy generation as part of distributed power energy networks.

Conclusion. Distributed energy generation has the potential for cost reduction and high innovations. Placing generation facilities near consumption points reduces transmission and distribution losses, responds more flexibly to changes in demand, and in many cases increases system reliability. The introduction of distributed energy systems based on the latest technologies in the modern energy market will significantly improve the energy supply to remote and hard-to-reach regions of Russia while reducing the cost of energy for the consumer and increasing its

availability and reliability of energy supply, as well as increasing the market orientation towards the consumer.

The use of fuel cells allows creating of remote autonomous systems based on nature-like technologies, increasing environmental friendliness and market orientation to consumer needs, especially with relatively low power consumption and consumer isolation, characterized by reliability and independence from the central power supply.

The main direction in the development of hydrogen technologies for small-scale distributed energy in Russia should be to develop and create our own highly efficient technologies for creating electrolyzers and fuel cells and support the scientific and technical potential of domestic hydrogen development centers, including highly efficient technologies for the production, storage, transportation, and use of hydrogen.

This paper presented the PEMFC stack (NRC «Kurchatov Institute», Russia) with air-cooling (open cathode) that provides 150W of electrical power. It can be operated with dry and ambient media. The stack can be used in e-mobility applications or testing environments.

The work was carried out at the National Research Center "Kurchatov Institute" in the framework of Order No. 83 dated January 20, 2023, according to section 11, section 2.1. "Research of mobile power plants (including for transport) based on a fuel cell with a solid polymer electrolyte".

References

1. Ackermann T., Andersson G., Söder L. Distributed generation: A definition // *Electric Power Systems Research*. 2001. Vol. 57, issue 3. P. 195–204.
2. Kupreev D.A. Management of innovative development of distributed energy in Russia // *Management of economic systems: electron. scientific magazine* 2015. No. 10 (82). (in Russian)
3. S.A. Eroshenko. Scientific problems of distributed generation / Karpenko A.A., Kokin S.E. // *News of higher educational institutions. Problems of Energy*. 2010. №11-12. p.126-133. (in Russian)
4. Turan Gonen. *Distribution Engineering/ Turan Gonen.- Boca Raton.: CRC Press,2014.-P. 1061*
5. G.G. Nalbandyan. Key factors for effective application of distributed generation technologies in industry/ Nalbandyan G.G., Zholnerchik S.S.// *Strategic decisions and risk management*. 2018. №1(106). p.81-82. (in Russian)
6. Medjroubi W., Vogt T. Open source data and models for a sustainable power grid modelling and analysis /1st International Conference on Large-Scale Grid Integration of Renewable Energy, New Delhi, India. – 2017.
7. Spasov, D.D., Mensharapov, R.M., Zasyapkina, A.A., Ivanova N.A. Nanoscale Pt–SnO₂ Heteroclusters in Electrocatalysts for Oxygen Reduction and Methanol Oxidation Reactions. *Nanotechnol Russia* 15, 723–729 (2020).
8. Ivanova, N. A., Alekseeva, O. K., Fateev, V. N., Shapir, B. L., Spasov, D. D., Nikitin, S. M., Grigoriev, S. A. (2019). Activity and durability of electrocatalytic layers with low platinum loading prepared by magnetron sputtering onto gas

diffusion electrodes. International Journal of Hydrogen Energy, 44(56), 29529-29536.

9. Pat. RU 2 736 883 C1 "Mobile power plant for operation in subzero temperatures" / I.E. Baranov, N.A. Ivanova, D.D. Spasov, R.M. Mensharapov, S.V. Akelkin and V.N. Fateev

10. Pat. RU 2 722 751 C1 "Power plant with a fuel cell for the Arctic zone" / Fateev V.N., Voloschenko G.N., Ivanova N.A.

© Ivanova N.A., Kumar N., Spasov D.D., Mensharapov R.M., Fateev V.N., 2023

Научная статья

УДК 631.21

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ В СИСТЕМАХ ОСВЕЩЕНИЯ ТЕПЛИЦ ЗАКРЫТОГО ГРУНТА

Анатолий Александрович Анашкин¹, Сергей Мударисович Бакиров²,
Геннадий Григорьевич Угаров³, Андрей Александрович Верзилин⁴

¹ООО «КБ СпецПроект», г. Саратов, Россия

^{2,4} Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

³Камышинский технологический институт филиал Волгоградского государственного технического университета, г. Камышин, Россия

¹anashkin@kbspp.ru,

²s.m.bakirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9392-7627>

⁴verzilin-a@mail.ru

Аннотация. Проведен анализ различных источников света, применяемых для освещения растений в теплицах закрытого грунта. Дана подробная оценка воздействия конкретных длин волн видимого спектра излучения на процессы, протекаемые в листьях растений. Предложено использовать светодиодные системы освещения с регулированием спектра излучения для стимуляции естественных процессов растений, выращиваемых в теплицах закрытого грунта.

Ключевые слова: светодиодный источник света, спектор излучения, стимуляция роста и развития растений, регулирование спектра излучения, энергия фотонов

Для цитирования: Анашкин А.А. Перспективы применения светодиодных светильников в системах освещения теплиц закрытого грунта / А.А. Анашкин, С. М. Бакиров, Г.Г. Угаров, А.А. Верзилин // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной научно-практической конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

PERSPECTIVES FOR APPLICATION OF LED LAMPS IN LIGHTING SYSTEMS OF GREENHOUSES IN CLOSED GROUND

Anatoly Alexandrovich Anashkin¹, Sergey Mudarisovich Bakirov², Gennady Grigorievich Ugarov³, Andrey Alexandrovich Verzilin⁴

¹LLC "KB SpetsProekt", Saratov, Russia

^{2,4} Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering. N.I. Vavilov, Saratov, Russia

³Kamyshin Institute of Technology, branch of Volgograd State Technical University, Kamyshin, Russia

¹anashkin@kbspp.ru,

²s.m.bakirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9392-7627>

⁴verzilin-a@mail.ru

Annotation. The analysis of various light sources used to illuminate plants in greenhouses was carried out. A detailed assessment of the impact of specific wavelengths of the visible spectrum of radiation on the processes occurring in plant leaves is given. It is proposed to use LED lighting systems with radiation spectrum control to stimulate the natural processes of plants grown in greenhouses.

Keywords: LED light source, emission spectrum, stimulation of plant growth and development, regulation of the emission spectrum, photon energy

For citation: Anashkin A.A. Prospects for the use of LED lamps in lighting systems for greenhouses in closed ground / A.A. Anashkin, S. M. Bakirov, G.G. Ugarov, A.A. Verzilin // Actual problems of the energy sector of the agro-industrial complex: materials of the XIV National scientific and practical conference with international participation / Ed. С.М. Bakirova - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Для освещения тепличных растений активно используют лампы высокого давления ДНАТ или схожие с ними ДНАЗ. Это связано с тем, что данный тип ламп обеспечивает высокую освещенность и высокий удельный световой поток [1]. Однако если сравнить все лампы по удельным показателям, а также оценить их эффективность с точки зрения фотосинтеза растений, то можно убедиться в несовершенстве конструктивных решений заводов изготовителей ламп. Сравним различные искусственные источники света в таблице 1 [1, 2].

Таблица 1 – Количественные характеристики наиболее часто используемых источников света

Характеристика / тип светильника	ЛН	ЛЛНД	ДРИ	ДРЛ	ДНАТ	СД
1. Спектр излучения/граничные значения длины волн (нм)	600-900	450-650	400-600	400-600	500-800	440-740
2. Плавное управление яркостью и спектром светового потока	нет	нет	нет	нет	нет	да
3. Фотосинтетический поток фотонов PPF	-	678	706	560	608	1800

Характеристика / тип светильника	ЛН	ЛЛНД	ДРИ	ДРЛ	ДНАТ	СД
(мкмоль/сек)						
4. Индекс цветопередачи (%)	100	90	98	45	25	90
5. Энергоэффективность / световая отдача (лм/Вт)	10	90	90	60	120	130
6. КПД, (%)	10	60			50	95
7. Срок службы (час)	1000	15000	10000	20000	15000	100000
8. Ккомплексный показатель J (кЛм*час/Вт)	15	102	56	76	107	394

Примечание: Лампы накаливания общего назначения (ЛНО); Люминесцентные (газоразрядные) лампы низкого давления (ЛЛНД); Металлогалогенные лампы (ДРИ); Дуговые ртутные лампы (ДРЛ); Натриевые лампы высокого давления типа (ДНАТ); Источники света на основе светодиодов (СД).

По большинству показателей таблицы 1 светодиодные источники света являются наиболее эффективными. Ниже приведены графические изображения спектров излучения различных источников света, перечисленных в таблице 1 [1, 2, 3], которые характеризуются разным спектральным составом (рисунок 1).

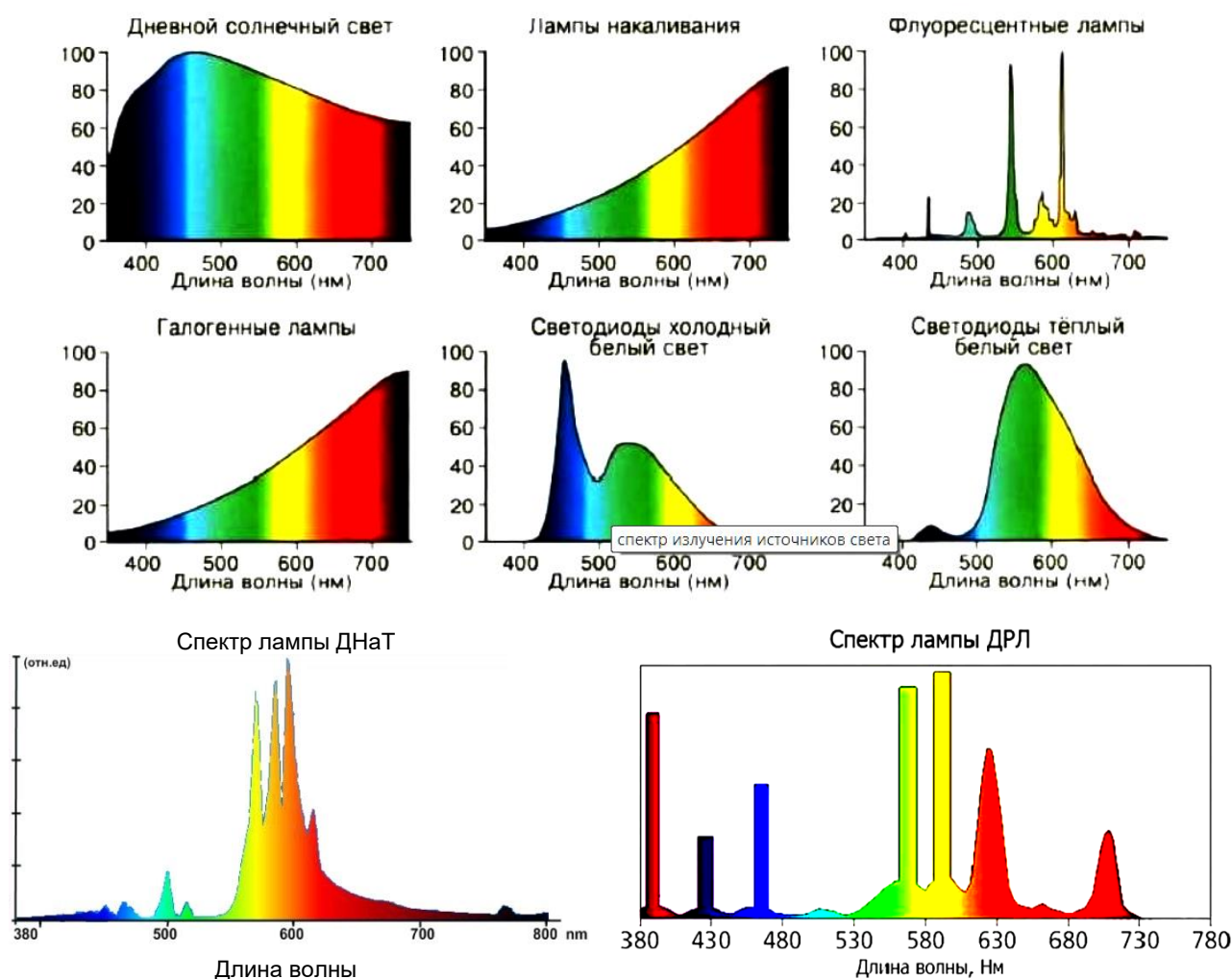


Рисунок 1 – Спектральный состав излучения источников света

Материалы и методы. Анализ устройства светодиодных источников света в единой конструкции светильников показывает, что спектр комбинированного

светодиодного светильника может быть собран из разных спектров излучения (рисунок 2).

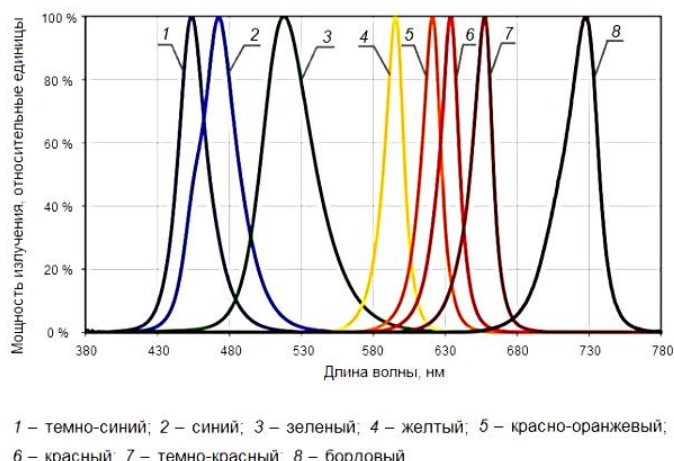


Рисунок 2 – Спектры излучений, создаваемые единичными светодиодами

На рисунке 3 приведено изображение спектра, необходимого для жизненного цикла растения, так называемая область фотосинтетической активной радиации PAR [4].

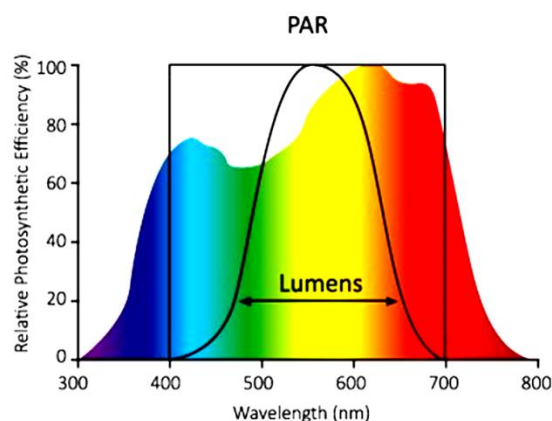


Рисунок 3 – Спектры излучений, необходимые для жизненного цикла растений

Однако многочисленные эксперименты показывают, что при обильном составе спектра излучения растения откликаются только лишь на определенные, соответствующие различным стадиям жизненного цикла [3].

Следует отметить, что наряду с требованием к спектру источника света, область активного излучения которого должна совпадать с областью излучения PAR, необходимо обеспечить достаточную для жизнедеятельности растения энергию фотонов, излучаемых источником света. Данный параметр выражен в виде фотосинтетического потока фотонов PPF (мкмоль/сек), эквивалентного световому потоку, выраженному в люменах, воспринимаемому человеческим глазом.

Для растения, в отличие от человека, не имеет значения, какой уровень освещенности, создается на поверхности его листьев источником света. Главный фактор, обеспечивающий его жизненный цикл, определяется количеством энергии поглощаемых им фотонов (параметр PPF) в единицу

времени, либо количеством энергии фотонов в секунду на квадратный метр (параметр PPF) [5].

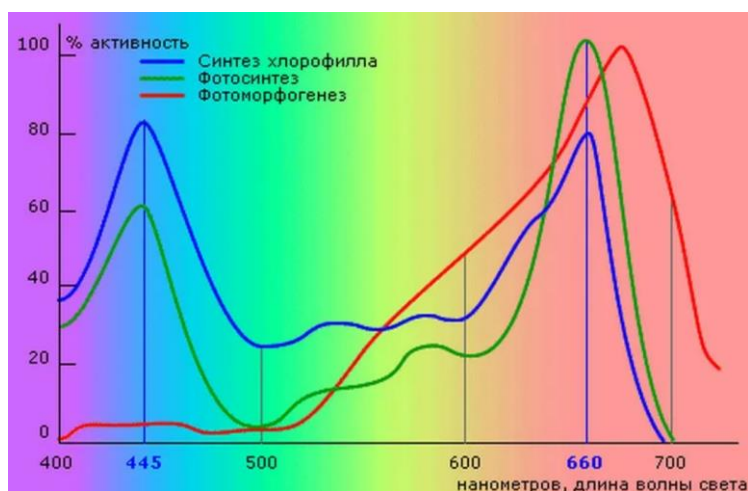


Рисунок 4 – Спектры излучения, поглощаемые растениями на разных стадиях жизненного цикла

Результаты исследования. Вывод математического выражения для перехода от энергии облучения поверхности, выраженной в Вт/м², к освещенности данной поверхности, выраженной в лм/м², приведен [5].

При этом, количество энергии фотонов излучения «синей части спектра 400-500 нм отличается от количества энергии фотонов излучения «красной части спектра 600-700 нм, что отражено на рисунке 5.

Цвет	Диапазон длин волн, нм	Диапазон частот, ТГц	Диапазон энергии фотонов, эВ
Красный	625–740	405–480	1,68–1,98
Оранжевый	590–625	480–510	1,98–2,10
Жёлтый	565–590	510–530	2,10–2,19
Зелёный	500–565	530–600	2,19–2,48
Голубой	485–500	600–620	2,48–2,56
Синий	440–485	620–680	2,56–2,82
Фиолетовый	380–440	680–790	2,82–3,26

Рисунок 5 - Распределение энергии фотонов в зависимости от длины волны излучения

Данное обстоятельство необходимо учитывать при построении системы управления освещением, алгоритм работы которой также необходимо настраивать на адаптивное изменение параметров светового потока в направлении компенсации изменения энергии фотонов при изменении спектра излучения, управляемых системой светильников. Это достигается тем, что при смещении спектра излучения в область коротких волн (синяя часть спектра) яркость светильников автоматически снижается, а при смещении спектра излучения в область длинных волн (красная часть спектра) автоматически увеличивается. Описанный алгоритм работы позволяет снизить затраты на электроэнергию, потребляемую системой управления.

Следует особо отметить, что указанная в п. 2 таблицы 1 возможность плавного управления световым потоком, реализуемая только применительно к светодиодным светильникам, также позволяет снизить энергопотребление системы управления освещением. Подтверждение этому приведено в [4], а также на рисунке 6.

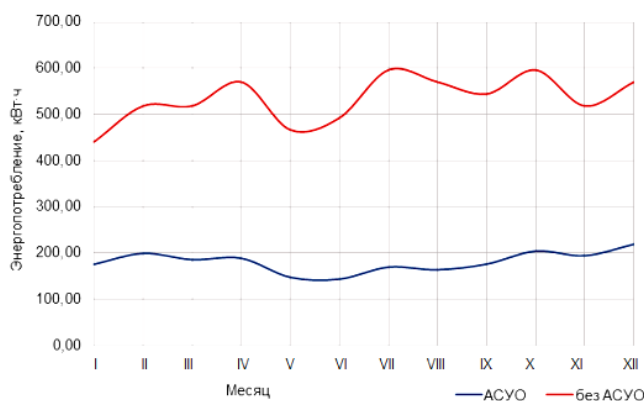


Рисунок 6 - Количественная оценка энергопотребления при использовании плавного автоматического управления освещением (синяя линия) и без него (красная линия)

Заключение. Анализ спектров излучения различных источников света, приведенных на рисунке 1, с изображением спектра, необходимого для жизненного цикла растения, изображённого на рисунке 3, показывает, что наименее пригодными для применения в системе освещения теплиц являются лампы накаливания и галогенные лампы. Люминесцентные лампы и ртутные лампы имеют более широкий спектр излучения, но их спектр имеет форму узких локальных участков, что существенно снижает эффективность их использования, особенно при необходимости использования светильника большой мощности. В спектре ламп ДНаТ отсутствует высокочастотная область спектра (380-450 нм), которая обеспечивает полноценный синтез хлорофилла (длина волны 445 нм, рисунок 4). Наиболее приемлемым из всех рассмотренных источников света является светодиодный светильник, позволяющий при комбинации светильника холодного света и теплого света, или комбинация светодиодов различного спектра обеспечить необходимую энергию фотонов во всей области фотосинтетической активной радиации (FAR).

Как видно из таблицы 1, светодиодный светильник имеет высокий фотосинтетический поток фотонов PPF (1800 мкмоль/сек), высокий индекс цветопередачи (90 %), высокую световую отдачу (130 лм/Вт), высокий КПД, (95 %), максимальный из всех рассмотренных источников света срок службы (100000 час). Кроме этого, светодиодный светильник является взрывобезопасным, не требует особых условий утилизации, имеет незначительный нагрев корпуса.

Наряду с этим, применение светодиодного освещения существенно расширяет возможности системы управления освещением, а именно:

- обеспечить плавное изменение яркости светового потока светильников в зависимости от уровня естественного фонового освещения, что снижает общую потребляемую системой освещения мощность;
- осуществлять управление спектральным составом излучения с учетом изменения энергии фотонов в зависимости от длины волны излучаемого спектра;
- автоматически изменять в соответствии с предварительно заданным графиком параметры освещения в зависимости от стадии жизненного цикла растения.

Список источников

1. Стуков, А.И. Сравнительный анализ эффективности различных источников освещения / А.И.Стуков, Е.С. Пупков, А.Ю. Санасарян. - г. Челябинск: Вестник, ЮУрГУ, Серия «Строительство и архитектура», 2018, Т 18, №1, стр 69-75.
2. Сравнение и оценка эффективности LED [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.disprom.ru/sravnenie-i-otsenka-effektivnosti-led.html>.
3. Статья. «ФАР, ФПФ, ВПФ, ПФФП и ИДО», [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.engorussia.ru/news/277>
4. Методическое руководство по проектированию динамического освещения общественных зданий, - М.: Федеральное автономное учреждение «Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве», 2019. – 94 с.
5. Геворгиз, Р. Г. Пересчёт величины освещённости фотобиореактора в величину облучённости. / Р.Г. Геворгиз, А.С. Малахов. - Севастополь: Российская Академия наук, Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского, 2018.- С6-С38.

© Анашкин А.А., Бакиров С. М., Угаров Г.Г., Верзилин А.А., 2023

Научная статья
УДК 631.314

ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ТРАНСФОРМАТОРАХ С МАГНИТОПРОВОДОМ ИЗ АМОРФНОЙ СТАЛИ

Владимир Евгеньевич Антропов¹, Владимир Николаевич Овсянников²

^{1,2}Самарский государственный технический университет. г. Самара, Россия

¹veantr@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-5786-2397>

²ovsyannikov0512@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3028-6073>

Аннотация. В статье приводятся сравнения потерь холостого хода и потерь короткого замыкания в трансформаторах с магнитопроводами из электротехнической и аморфной стали.

Ключевые слова: энергетика, трансформаторы, энергосбережение, аморфная сталь.

Для цитирования: Антропов В.Е. Особенности энергосбережения в трансформаторах с магнитопроводом из аморфной стали / В.Е. Антропов, В.Н. Овсянников // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

FEATURES OF ENERGY SAVING IN TRANSFORMERS WITH AMORPHOUS STEEL MAGNETIC CORE

Vladimir Evgenievich Antropov¹, Vladimir Nikolaevich Ovsyannikov²

^{1,2} Samara State Technical University. Samara, Russia

¹veantr@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-5786-2397>

²ovsyannikov0512@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3028-6073>

Annotation. The article presents comparisons of no-load losses and short-circuit losses in transformers with magnetic conductors made of electrical and amorphous steel.

Keywords: power engineering, transformers, energy saving, amorphous steel.

For citation: Antropov V.E. Features of energy saving in transformers with amorphous Steel Magnetic Core / V.E. Antropov, V.N. Ovsyannikov // Actual Problems of Agro-industrial Complex Energy: Materials of the XIV National Conference with International Participation / Edited by S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Электрическая энергия является наиболее универсальным видом энергии, используемых человечеством.

На всех этапах Производство – Передача – Распределение - Потребление электроэнергии, в элементах этих систем, неизбежно происходят потери электроэнергии.

Актуальность исследования связана с одной из задач энергосбережения - снижение потерь в распределительных сетях предприятий.

Трансформатор является одним из важнейших звеньев электрической сети. Больше четверти потерь в электрических сетях приходится на потери в трансформаторах

Постановлением Правительства РФ от 16 июня 2015 года № 600 [1] утвержден перечень объектов и технологий высокой энергетической эффективности, в который вошли и распределительные трансформаторы 6 (10)/0,4 кВ со сниженными потерями.

Материалы и методы. Энергоэффективность силового трансформатора определяется следующими факторами:

- коэффициентом загрузки трансформатора (k_n);
- величиной потерь холостого хода (P_x);
- величиной потерь короткого замыкания (P_k).

Потери холостого хода для трансформатора с витым магнитопроводом:

$$P_x = k_{т.и} k_{т.т} p_s M_s$$

где $k_{т.и}=1,33$ коэффициент учитывающий искажение формы кривой магнитного потока и индукции;

$k_{т.т}=1,06$ - коэффициент учитывающий добавочные потери в стержне магнитопровода от вида технологического процесса его изготовления; Потери холостого хода рассчитываются по выражению [2].

p_s – удельные потери в стали магнитопровода, Вт/кг;

M_s – масса магнитопровода, кг.

Или через объем

$$P_x = k_{т.и} k_{т.т} k_s \gamma_s p_s L_s S_s$$

γ_s - удельная плотность материала магнитопровода, кг/м³;

L_s – длина средней линии магнитопровода, м;

S_s – сечение магнитопровода, м².

Результаты исследования. Величина потерь холостого хода в трансформаторе, определяется материалом магнитопровода и технологией его изготовления.

Применение аморфной стали для изготовления магнитопровода, является перспективным направлением по пути снижения потерь холостого хода. Потери на вихревые токи и гистерезис, в аморфной стали в несколько раз меньше потерь в электротехнической стали.

Так удельные потери аморфной стали (АС) марки 2605SA1 $p_{as} = 0,17$ Вт/кг и электротехнической стали (ЭТС) марки 30P140 Fe97Si13 $p_{es} = 0,86$ Вт/кг [3]. Таким образом удельные потери АС в 5 раз меньше, чем удельные потери ЭТС.

Вариант 1. (размеры магнитопроводов из АС и ЭТС равны)

В случае, если трансформатор с магнитопроводом из АС проектируется в габаритах аналога из ЭТС (сечения магнитопровода S_s и окна под обмотку S_m остаются без изменения) за счет меньшей плотности материала и коэффициента заполнения, потери холостого хода уменьшаться в 6 раз [4].

Следует учитывать, что при такой замене материала магнитопровода из ЭТС на магнитопровод из АС, произойдет уменьшение магнитного потока Φ_m , связанное с уменьшением допустимой индукции в АС (B_{as}), по сравнению с индукцией в ЭТС (B_{es}). К уменьшению Φ_m приведет и уменьшение коэффициента заполнения АС (k_{as}) по отношению к коэффициенту заполнения ЭТС (k_{es}).

Отношение магнитного потока Φ_{em} в ЭТС к магнитному потоку Φ_{am} в АС при равных сечениях магнитопроводов.

$$k_{mag} = \frac{\Phi_{em}}{\Phi_{am}} = \frac{B_{es}k_{es}}{B_{as}k_{as}}$$

Используя данные приведенные в [3]:

$$\begin{array}{llll} k_{as}=0,8 & \gamma_{as}=7,18 & p_{as}=0,17 & B_{as}=1,56 \\ k_{es}=0,94 & \gamma_{es}=7,65 & p_{es}=0,86 & B_{es}=2,03 \end{array}$$

γ_{es} и γ_{as} – соответственно плотности ЭТС и АС.

Отношение потерь холостого хода в магнитопроводе из АС по отношению к потерям в магнитопроводе из ЭТС

$$k_x = \frac{k_{as}p_{as}\gamma_{as}}{k_{es}p_{es}\gamma_{es}} = \frac{0,8 \times 0,17 \times 7,18}{0,94 \times 0,86 \times 7,65} = 0,16$$

Уменьшение магнитного потока в магнитопроводе из АС по отношению к магнитному потоку в магнитопроводе из ЭТС в:

$$k_{mag} = \frac{B_{es}k_{es}}{B_{as}k_{as}} = \frac{2,03 \times 0,94}{1,56 \times 0,8} = 1,52$$

Уменьшение магнитного потока в k_{mag} приведет к увеличению числа витков в трансформаторе с АС в k_{mag} . При неизменном сечении окна под обмотку (S_m), увеличение числа витков приведет к уменьшению сечения проводников в k_{mag} и соответственно к увеличению плотности тока в k_{mag} и потерям в обмотках трансформатора (P_k) в k_{mag}^2 .

Потери в обмотках трансформатора.

$$P_k = k_m M_m j^2$$

M_m – масса меди обмотки, кг

j – плотность тока, А/мм²

$$k_m = \frac{\rho_m 10^3}{\gamma_m}$$

ρ_m – удельное сопротивление материала обмотки, Вт/кг;

γ_m – удельная плотность материала обмотки, кг/м³;

Эффективность замены магнитопровода из ЭТС на АС, в зависимости от коэффициента нагрузки (k_n), определится выражением:

$$\Delta P = P_{xe}(k_x - 1) + k_n^2 P_{ke}(k_{mag}^2 - 1) < 0 \quad (1)$$

Из неравенства (1) определяем значение k_n , при котором полные потери трансформаторов равны

$$k_n = \sqrt{k_{xk} \frac{1 - k_x}{k_{mag}^2 - 1}}$$

где $k_{xk} = k_{xe}/k_{ke}$.

Значение k_{xk} сухих трансформаторов мощностей от 250 до 2500 кВА, из каталожных данных [5], находится в диапазоне 0,1 – 0,2.

Граничные значения коэффициента нагрузки, для указанного диапазона k_{xk} ,

$$k_{xk} = 0,1 \quad k_n = 0,19$$

$$k_{xk} = 0,2 \quad k_n = 0,27$$

Таким образом при сохранении габаритных размеров, эффективность замены материала магнитопровода из ЭТС, на магнитопровод из АС будет эффективно при нагрузке 27% и меньше для трансформаторов $S = 2500$ кВА, и $< 19\%$ для $S = 250$ кВА.

Вариант 2. (магнитные потоки в магнитопроводах равны)

В варианте 1, при сохранении неизменными сечения магнитопровода S_s и окна под обмотку S_m , привело к уменьшению магнитного потока, уменьшению сечения провода и увеличению плотности тока. В результате это привело к уменьшению потерь холостого хода, но одновременно резко увеличились потери короткого замыкания.

Рассмотрим вариант при неизменном потоке Φ_m и сечении окна под обмотку S_m .

Поскольку допустимая индукция B_{as} и коэффициент заполнения стали k_{as} в магнитопроводе из АС меньше, чем в соответственно B_{es} и k_{es} при использовании ЭТС. То необходимо увеличение сечения стержня магнитпровода в k_{mag} .

Увеличатся примерно в k_{mag} и потери холостого хода, по сравнению с вариантом 1.

Плотность тока и суммарное сечение обмотки останутся неизменными, как в варианте с ЭТС. Однако увеличение сечения стержня магнитпровода приведёт к увеличению длины обмотки и потерь короткого замыкания.

В общем случае отношение P_{ek} (потери в обмотке трансформатора с магнитопроводом из ЭТС) к P_{a2k} (потери в обмотке трансформатора с магнитопроводом из АС при постоянном сечении окна обмотки)

$$k_{a2} = \frac{k_{mb}\sqrt{k_{mag} + 1}}{k_{mb} + 1}$$

где k_{mb} – отношение ширины окна обмотки к радиусу стержня.

Разность суммарных потерь в трансформаторах с магнитопроводом из АС (вариант2) и ЭТС:

$$\Delta P = P_{xe}(k_x k_{mag} - 1) + k_n^2 P_{ke}(k_{a2} - 1) < 0 \quad (2)$$

Из неравенства (2) определяем значение k_n , при котором полные потери трансформаторов равны

$$k_n = \sqrt{k_{xk} \frac{1 - k_x k_{mag}}{k_{a2} - 1}}$$

При

$$k_{xk} = 0,1 \quad k_{mb} = 0,5$$

Коэффициент нагрузки $k_n = 0,98 \approx 1$.

В этом случае получается трансформатор, по своей энергоэффективности, аналогичный исходному. Следует учесть, что в данном варианте увеличена масса магнитопровода в $k_{mag} = 1,5$ раза, и масса проводников в k_{a2} раз.

Заключение. В работе рассмотрены проблемы, связанные с применением магнитопровода трансформатора из аморфной стали.

Показано, что применение аморфной стали, действительно приводит к снижению потерь холостого хода в трансформаторе, но при этом значительно увеличивается расход материалов на активную часть и соответственно габариты. При этом увеличиваются масса магнитопровода и обмотки.

Более высокая стоимость аморфной стали и усложнение технологии сборки трансформатора, приводят к значительному удорожанию самого трансформатора.

Список источников

1. Постановление Правительства РФ от 17.06.2015 N 600 «Об утверждении перечня объектов и технологий, которые относятся к объектам и технологиям высокой энергетической эффективности», раздел «П.27. Трансформаторы электрические силовые»;
2. Тихомиров, П. М. Расчет трансформаторов: учеб. пособие / П. М. Тихомиров. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 528 с.
3. Хавроничев С.В., Сошинов А.Г., Галушак В.С., Копейкина Т.В. Современные тенденции применения аморфных сплавов в магнитопроводах силовых трансформаторов. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований [Электронный ресурс] URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=7986>(дата обращения 19.11.2018).
4. Антропов В.Е. Эффективность применения магнитопровода из аморфной стали в трансформаторах при массогабаритных ограничениях. The scientific heritage No 110 (2023) с.105-107
5. Хавроничев С.В., Сошинов А.Г., Галушак В.С., Копейкина Т.В. Современные тенденции применения аморфных сплавов в магнитопроводах силовых трансформаторов. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований [Электронный ресурс] URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=7986>(дата обращения 19.11.2018).

© Антропов В.Е., Овсянников В.Н., 2023

Научная статья
УДК 631.21

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИНДУКТОРА НА ПАРАМЕТРЫ НАГРЕВА ИНДУКЦИОННОГО КОТЛА МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Сергей Мударисович Бакиров¹, Роман Константинович Карпухин²

^{1,2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹s.m.bakirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9392-7627>

²rkarpukhin97@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5445-2876>

Аннотация. В статье рассматриваются результаты лабораторных испытаний индукционного нагревателя малой мощности с автономным источником питания. Наблюдения проведены для разных форм индукторов известной электрической схемы. Наибольшей эффективностью обладает индуктор, который выполнен с наименьшим воздушным зазором к сердечнику – стальному трубопроводу. Контроль температурных параметров выполнен тепловизором.

Ключевые слова: индукционный нагреватель, индуктор, индукционный котел, тепловизионный контроль, энергоэффективность котла

Для цитирования: Бакиров С.М. Анализ результатов исследования влияния геометрических параметров индуктора на параметры нагрева индукционного котла малой мощности / С.М. Бакиров, Р.К. Карпухин // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной научно-практической конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

ANALYSIS OF THE RESULTS OF THE STUDY OF THE INFLUENCE OF THE GEOMETRIC PARAMETERS OF THE INDUCTOR ON THE HEATING PARAMETERS OF A LOW-POWER INDUCTION BOILER

Sergey Mudarisovich Bakirov¹, Roman Konstantinovich Karpukhin²

^{1,2}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering. N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹s.m.bakirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9392-7627>

²rkarpuhin97@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5445-2876>

Annotation. The article discusses the results of laboratory tests of a low-power induction heater with an autonomous power source. Observations were made for various forms of inductors of a known electrical circuit. The inductor, which is made with the smallest air gap to the core - a steel pipeline, has the highest efficiency. The temperature parameters were controlled by a thermal imager.

Keywords: induction heater, inductor, induction boiler, thermal imaging control, boiler energy efficiency

For citation: Bakirov S.M. Analysis of the results of the study of the influence of the geometric parameters of the inductor on the heating parameters of the induction boiler of low power / S.M. Bakirov, R.K. Karpukhin // Actual problems of energy in the agro-industrial complex: materials of the XIV National scientific and practical conference with international participation / Ed. C.M. Bakirova - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Для сельского хозяйства характерны низкая плотность тепловых нагрузок и большая рассредоточенность потребителей [1]. Поэтому децентрализованные системы теплоснабжения являются более перспективными для сельскохозяйственного производства.

Удаленные и малые по площади сельскохозяйственные производственные участки в зимний период затруднительно и нецелесообразно подключать к источнику газо- или теплоснабжения. Для решения этой проблемы предложено использовать индукционный нагревательный элемент, как один из способов оперативного получения теплоты. Индукционный нагрев – один из видов электронагрева, который состоит в нагреве электропроводящих материалов в переменном электромагнитном поле [2].

В качестве электрической схемы индукционного нагревателя используют различные устройства, например ZVC-драйверы, которые подключаются к источнику постоянного тока (VDC) с напряжением 12-30 В [3]. В схеме преобразуется постоянное напряжение в импульсное переменное с частотой порядка 2 кГц. В нашем случае, используя данные драйверы в конструктивных решениях индукционных котлов малой мощности, можно добиться решения проблем отопления малых удаленных производственных участков.

Однако для данных схем нет рекомендаций по изготовлению индукторов. Как известно, форма индуктора существенно влияет на продолжительность нагрева, потребляемую мощность, а также на эффективность схемы. Поэтому **целью работы** является исследовать различные формы индукторов для ZVC-драйвера с VDC 12-30 В для установления оптимальных параметров нагрева при наименьших энергозатратах.

Материалы и методы. В качестве материалов использованы теория индукционного нагрева, результаты исследований отечественных и зарубежных авторов, инструкции по эксплуатации существующих котлов индукционного нагрева SAV, ВИН, ВИК. В качестве методов научного познания использованы: наблюдение, эксперимент, анализ и системный подход.

Результаты исследования. Для оценки эффективности форм индукторов рассмотрим схему ZVC-драйвера с VDC 12-30 В с аккумуляторным источником питания напряжением 12 В и емкостью 55 А*ч. Потребляемая мощность напрямую зависит от параметров сердечника. Поэтому для проведения исследований следует принять трубопровод с малой толщиной стенки для установления основной зависимости формы индуктора и потребляемой мощности. Внешний вид лабораторной установки представлен на рисунке 1.

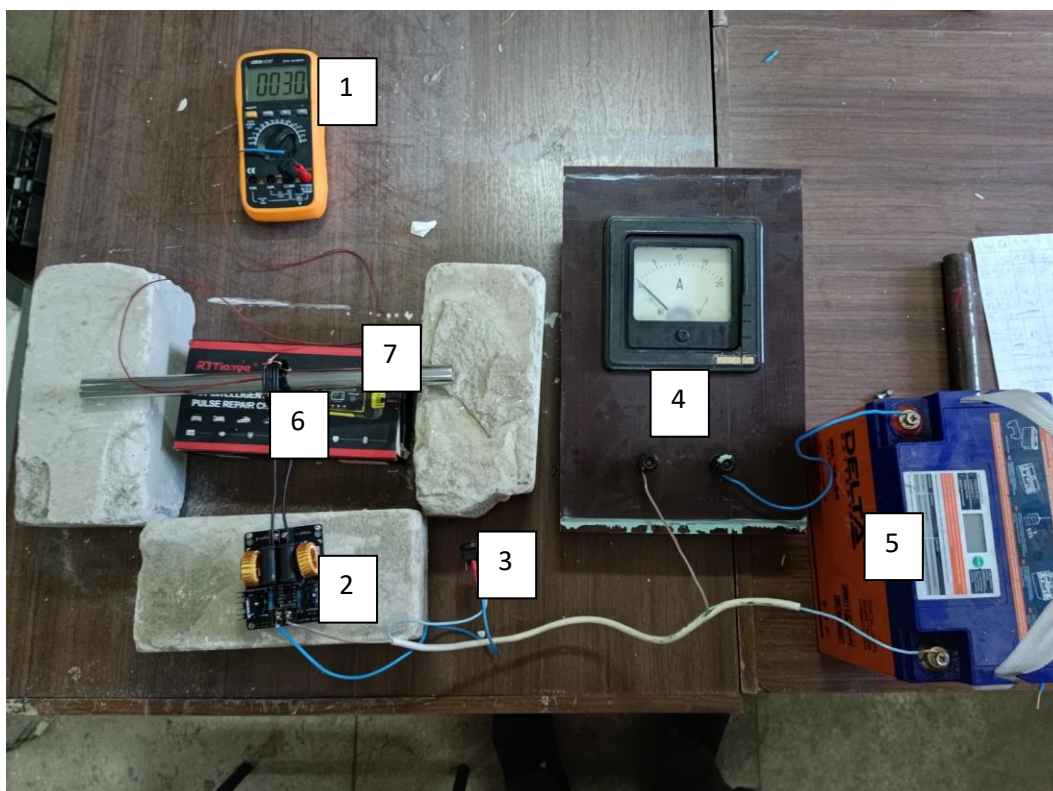


Рисунок 1 – Лабораторная установка индукционного нагрева для проверки форм индуктора (1 - Термопара; 2 – Частотный модуль; 3 – Выключатель; 4 – Амперметр постоянного тока 0...20 А; 5 – Аккумуляторная батарея 12 В 55 А*ч; 6 – индуктор; 7 - сердечник)

В качестве индукторов используем медный проводник в изоляции, так как медь имеет более высокую температуру плавления и теплопроводность в сравнении с алюминиевыми проводниками. Принимая во внимание наработки авторов, исследуемых индукционный нагрев [4, 5], в эксперименте примем несколько размеров сечений проводника с разными геометрическими параметрами (рисунок 2).

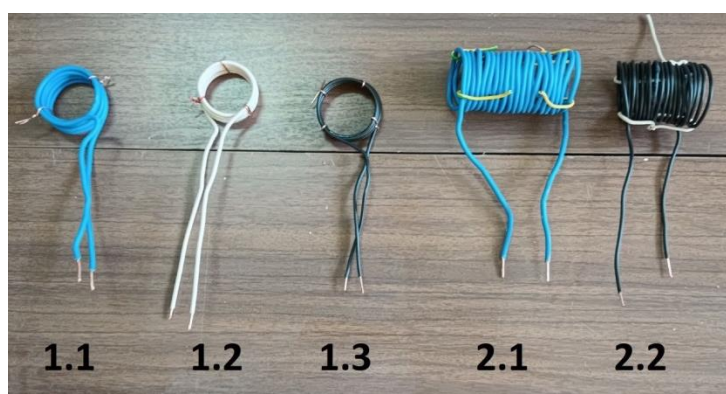


Рисунок 2 – Формы индукторов, используемых в эксперименте

Описание индукторов на рисунке 2 представлено в таблице результатов эксперимента (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты измерений индукционного нагрева при разных геометрических параметрах индукторов

№ опыта	U, В	I _{х.х.} , А	I _н , А	t, с	t _н , °С	t _к , °С	D _{кат} , мм	W, шт	S, мм ²	L _{кат} , мм
Длина провода 1 метр.										
1,1	12,8	2,25	9	40	30	180	45	5	4	20
1,2	12,8	2	7	40	30	175	50	5	2,5	18
1,3	12,8	2,25	5	40	30	125	45	5	1,5	15
Длина провода 3 метра.										
2,11	12,8	0,5	6	40	30	176	45	20	4	90
2,12	12,8	0,5	6	60	30	228	45	20	4	90
2,21	12,8	0,5	4,25	40	30	164	45	20	1,5	65
2,22	12,8	0,5	4,25	60	30	206	45	20	1,5	65
Примечание: D _{трубы} = 20 мм, толщина трубы 0,5 мм, материал – сталь U – напряжение на зажимах ZVC-драйвера; I _{х.х.} – ток холостого хода (без сердечника); I _н – потребляемый ток с сердечником; t – продолжительность включения; t _н – температура сердечника перед нагревом; t _к – температура сердечника после нагрева; D _{кат} – диаметра индуктора; W – число витков индуктора; S – сечение проводника индуктора; L _{кат} – ширина спинки индуктора										

Анализ результатов эксперимента показал, что наибольшее количество теплоты получено с индуктором большего числа витков (позиции 2,12 и 2,22 в таблице 1). Это связано с большей площадью охвата индуктора. Вместе с этим индукторы с числом витков 20 имеют меньшее энергопотребление, чем индукторы с 5-ью витками. Причем для схемы ZVC-драйвера наилучший эффект достигается при индукторе сечением 1,5 мм².

В сравнении с ТЭНом индукционный нагрев в 2,5 раза быстрее преобразует электрическую энергию в тепловую при одинаковых условиях теплообмена. Сравним характеристики нагрева рассматриваемой схемы с характеристиками нагрева ТЭНа на рисунке 3.

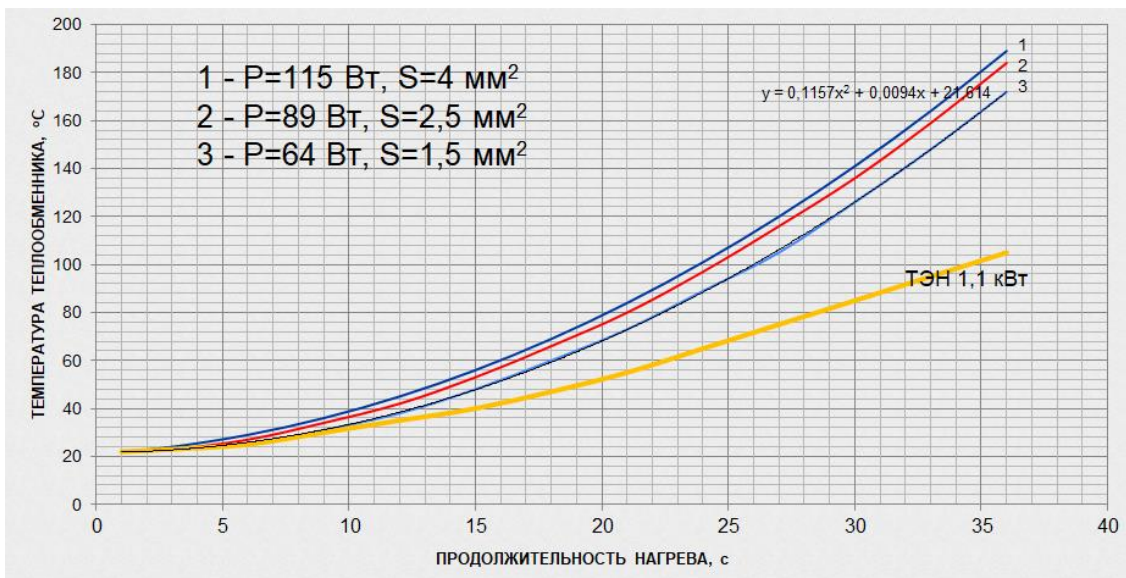


Рисунок 3 – Результаты сравнения скорости нагрева теплообменника индукционного нагрева (№ опыта 1,1; 1,2; 1,3) и ТЭНа

Анализируя полученные результаты сравнения, можно сделать вывод о том, что индукционный нагрев сердечника (теплообменной стенки) происходит значительно быстрее, чем нагрев поверхности ТЭНа. Причем скорость нагрева имеет экспоненциальный характер. Тогда для регулирования режима работы индукционного нагревателя необходимо исследовать качественно-количественные характеристики сердечников. Для оценки качества нагрева проведен тепловизионный контроль в ходе эксперимента (рисунок 4).

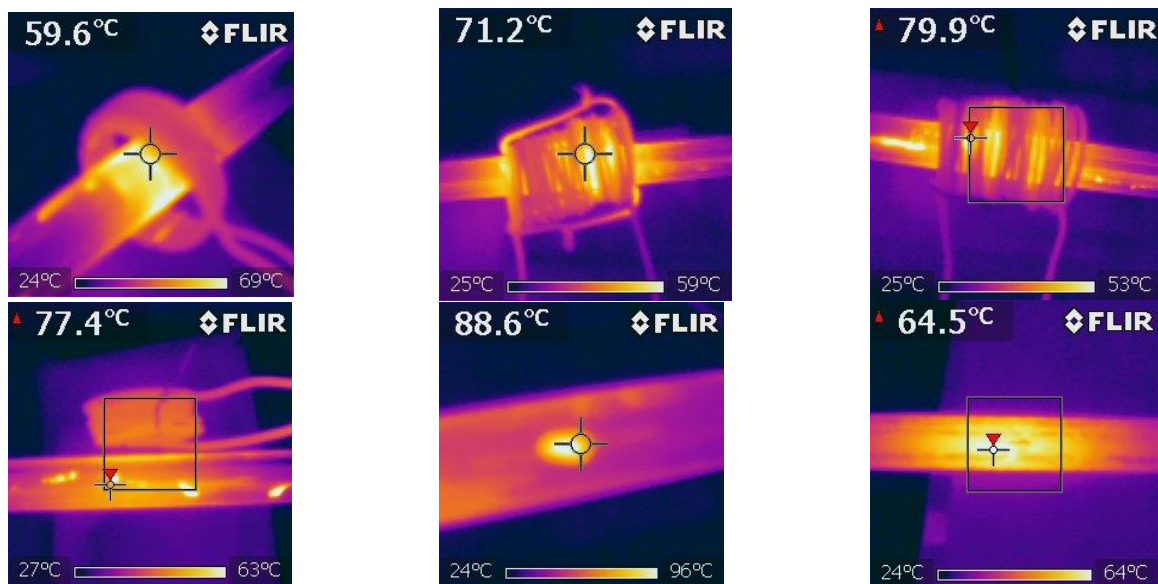


Рисунок 4 – Результаты тепловизионного контроля экспериментальных исследований

По рисунку 4 видно, что индукционный нагрев выявляет шероховатости изготовления трубопровода, используемого в эксперименте. Отдельные участки трубопровода нагреваются в 1,2...1,8 раз выше средней температуры основной площади охвата индуктором тела сердечника. Такие последствия приводят к

резким изменениям электрических параметров индукционного нагрева, а именно, потребляемого тока, мощности.

Заключение. Таким образом, разработка индукционного котла малой мощности с автономным источником питания позволяет оперативно производить тепловую энергию. Это необходимо для отдаленных малых производственных участков. Однако из-за многообразия процессов, происходящих при индукционном нагреве, данный способ требует дальнейшего исследования закономерности изменения параметров как индуктора, сердечника, источника питания так и системы автоматического управления.

В ходе проведения исследований установлено:

1. Форма сердечника оказывает влияние на потребляемую мощность индукционного котла. Данное исследование требуется провести с учетом математического планирования эксперимента с варьированием факторов формы сердечника.

2. Число витков при одинаковом напряжении на зажимах схемы напрямую зависит от потребляемой мощности. Установлено, что при диаметре индуктора 45 мм с разным числом витков 5 и 20 потребляемая мощность индукционной экспериментальной установки в 1,5 раза ниже у индуктора с большим числом витков.

3. Скорость нагрева теплообменного агрегата индукционного способа выше скорости нагрева ТЭНового способа нагрева в 2,0...2,8 раз в продолжительности от 0 до 100 с.

4. Дефекты поверхности сердечника (металлической трубы) приводят к локальному перегреву теплообменной поверхности.

Список источников

1. Абашев, Д.Т. Индукционный нагрев в сельском хозяйстве / [Д.Т. Абашев, П.Л. Лекомцев](#) // [Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии](#). - 2011. - № 4. - С. 57-58.
2. Химические аппараты с индукционным обогревом/ Горбатков С.А., Кувалдин А.Б., Минеев В.Е., Жуковский Е.В. – М: Химия, 1985. 176 с., ил.
3. Форум «Схемотехника» на сайте habr.com [Электронный ресурс] . – Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/549872/> - описание работы схемы.
4. Rudnev V., Loveless D., Cook R. L. Handbook of induction heating. – CRC press, 2017.
5. Khodamoradi H., Tavakoli M. H., Mohammadi K. Influence of crucible and coil geometry on the induction heating process in Czochralski crystal growth system //Journal of Crystal Growth. – 2015. – Т. 421. – С. 66-74.

© Бакиров С.М., Карпухин Р.К., 2023

Научная статья
УДК 631.21

АНАЛИЗ СПОСОБОВ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Сергей Мударисович Бакиров¹, Екатерина Николаевна Урядова²

^{1,2}Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹s.m.bakirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9392-7627>

²uriadova99@mail.ru

Аннотация. В работе представлен анализ особенностей теплообменных аппаратов, используемых в сельскохозяйственном производстве. Приведены особенности устройства теплопередачи и варианты способов совершенствования теплообменников.

Ключевые слова: теплообменный аппарат, поверхность теплообмена, коэффициент теплопроводности, коэффициент теплопередачи, эффективность теплообмена

Для цитирования: Бакиров С.М. Анализ способов совершенствования теплообменных аппаратов / С.М. Бакиров, Е.Н. Урядова // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной научно-практической конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

ANALYSIS OF WAYS TO IMPROVE HEAT EXCHANGERS

Sergey Mudarisovich Bakirov¹, Ekaterina Nikolaevna Uryadova²

^{1,2} Saratov State Agrarian University. N. I. Vavilova, Saratov, Russia

¹s.m.bakirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9392-7627>

²uriadova99@mail.ru

Annotation. The paper presents an analysis of the features of heat exchangers used in agricultural production. The features of the heat transfer device and options for improving heat exchangers are given.

Keywords: heat exchanger, heat exchange surface, thermal conductivity coefficient, heat transfer coefficient, heat exchange efficiency

For citation: Bakirov S. M. Analysis of ways to improve heat exchangers / S. M. Bakirov, E. N. Uryadova // Actual problems of energy in the agro-industrial complex: materials of the XIV National scientific and practical conference with international participation / Ed. S.M. Bakirova - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Теплообменные аппараты являются важным компонентом многих технологических процессов и систем, используемых в промышленности, энергетике, строительстве и других отраслях науки и техники. Они позволяют

эффективно передавать тепло между различными средами, что играет ключевую роль в повышении энергоэффективности.

Существует несколько видов теплообменных аппаратов, каждый из которых имеет свои особенности и условия использования. Трубчатый теплообменный аппарат самый распространенный вид (рисунок 1). Такой теплообменник широко используется в системах отопления, кондиционирования, а также в промышленности [1].

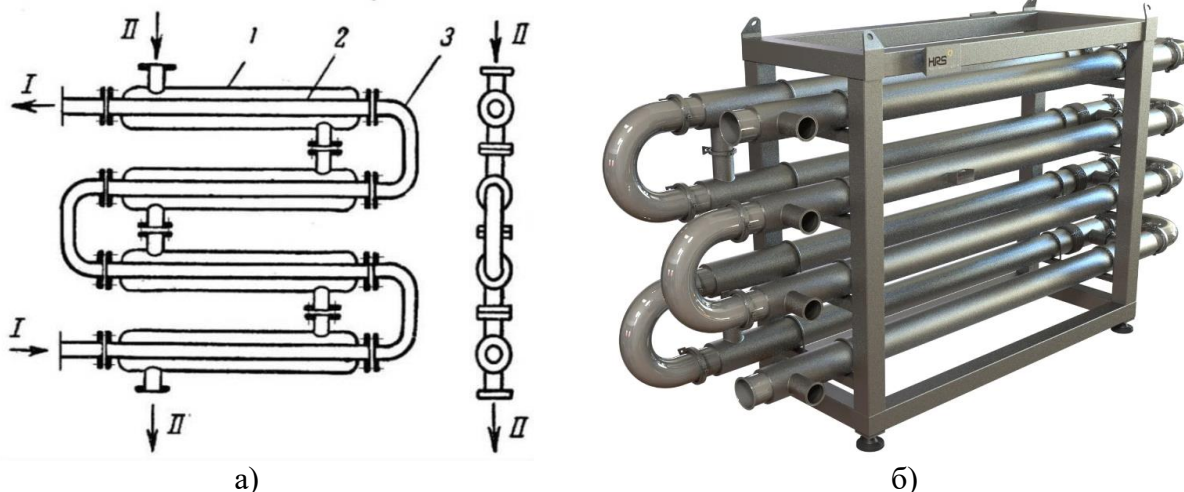


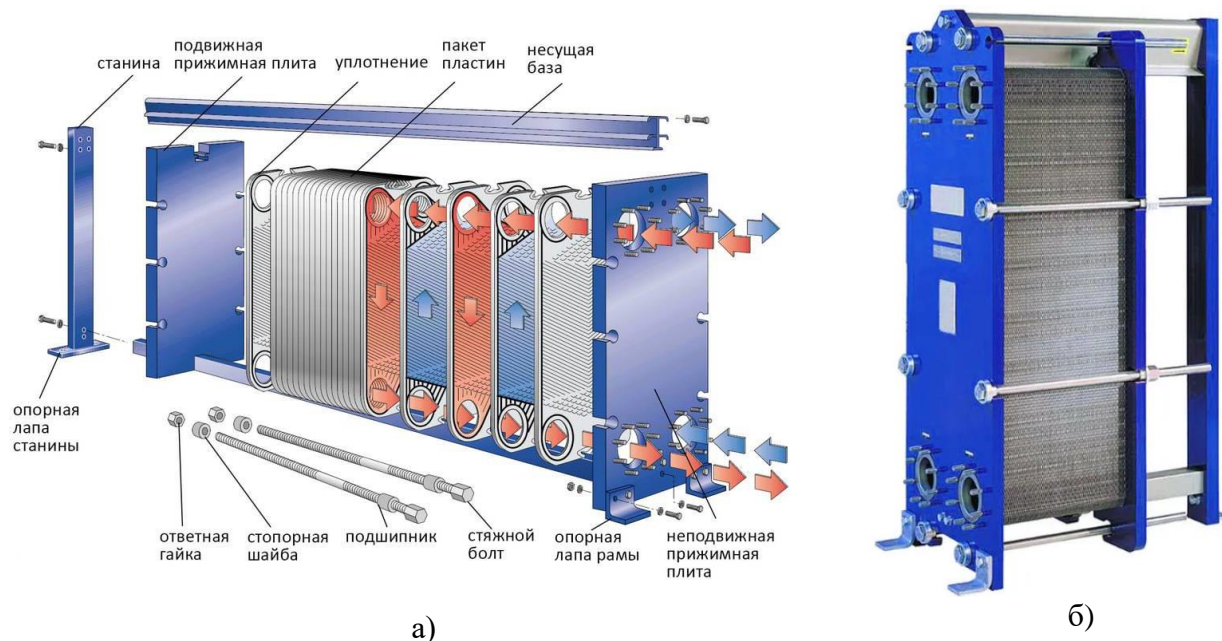
Рисунок 1 – Трубчатый теплообменный аппарат
 а) устройство: 1 – наружный контур, 2 – внутренний контур, 3 – колено
 б) готовое изделие аппарата

Трубчатый теплообменный аппарат (ТА) характеризуется низкой эффективностью из-за ламинарного течения жидкости внутри первого контура, вследствие низким теплообменом, то есть теплоноситель не успевает отдать тепло при прохождении через первый контур. Такого же типа кожухотрубный ТА, который немного эффективней за счет конструктивных особенностей (рисунок 2) [2].



Рисунок 2 – Кожухотрубный теплообменный аппарат
 а) устройство: 1 – корпус или кожух, 2 – трубные решетки, 3 – трубы, 4 – днище, 5 – фланцы;
 б) готовое изделие аппарата

Более эффективный считается пластинчатый ТА, который состоит из пластин, разделенных на две полости (рисунок 3). Теплоносители циркулируют через эти полости, обеспечивая более эффективный теплообмен [3].



а)
 б)
 Рисунок 3 – Пластинчатый теплообменный аппарат
 а) устройство и принцип действия
 б) готовое издание аппарата

Пластинчатые ТА также широко распространены и имеют более высокий КПД по сравнению с трубчатым ТА. Это связано с тем, что теплоноситель по пластинчатого ТА разводится по каналам небольшой формы, тем самым обеспечивая более высокую эффективность теплообмена.

При теплообмене и проектировании ТА стремятся создать такую конструкцию, чтобы как можно лучше проходил процесс теплообмена. На ряду с этим существуют также разбрызгивающий теплообменник, в котором жидкость распыляется в форме капель или струй, что увеличивает поверхность контакта и улучшает теплообмен.

КПД теплообменника зависит от множества факторов, таких как его конструктивные особенности, параметры теплоносителей, характеристики теплопередачи и т.д. Различные виды теплообменников имеют свои уникальные особенности, которые влияют на их КПД [4].

Трубчатые теплообменники обладают большой пропускной способностью и высоким КПД при работе с жидкостями, но при работе с газами они имеют низкий КПД из-за потерь в оптической прозрачности. Пластинчатые теплообменники, в свою очередь, имеют увеличенную площадь передачи тепла, но они имеют низкий КПД при работе с высоковязкими жидкостями.

Как известно, выбор оптимального типа теплообменника зависит от потребностей конкретного процесса, характеристик теплоносителей,

пропускной способности сети. Как именно проходит процесс теплообмена можно только предполагать (рисунок 4).

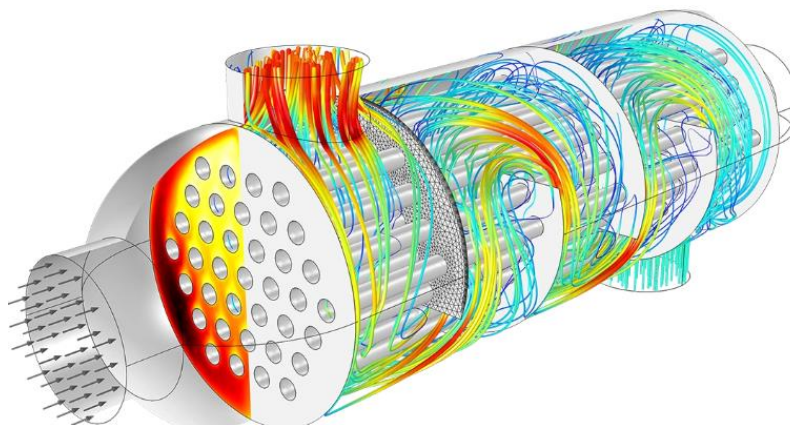


Рисунок 4 – Примерный процесс теплообмена в кожухотрубном теплообменном аппарате, показанный с помощью программы COMSOL Multiphysics

Однако единственным показателем эффективности ТА является КПД. Очевидно, что за счет увеличения площади теплообмена, или за счет использования специальных материалов с высокой теплопроводностью, или использования ребристых форм, или лопастных насадок можно повысить КПД. Однако для каждого конкретного ТА КПД будет отличаться в зависимости от конкретного способа использования в конструкции и условиях эксплуатации.

Поэтому **цель работы** – провести анализ способов повышения эффективности теплообменных аппаратов.

Методика исследования. Анализ проведен на базе теории основ технической термодинамики и теплотехники, а именно критерии побобия Нусельта, Пранкля, Ньютона-Рихмана. Для анализа процессов теплообмена использована библиотека программного продукта COMSOL Multiphysics.

Результаты анализа. Анализ различных теплообменных аппаратов показал, что на КПД существенно влияет конструкция и материал ТА (таблица 1).

Таблица 1 – КПД теплообменных аппаратов в зависимости от различных материалов

Материал поверхности теплообмена	КПД			
	Трубчатый	Кожухотрубный	Пластинчатый	Разбрызгивающий
Нержавеющая сталь	62,1	80,2	92,5	60,5
Медь	87,3	92,8	96,8	93,4
Алюминий	80,4	90,4	94,7	80,1
Углеродистая сталь	68,4	84,2	93,9	72,3

Примечание: Значение КПД получены расчетным путем на максимальной габаритной мощности с оптимальной энтальпией теплообменного аппарата в программе COMSOL Multiphysics

Как видно из таблицы 1, пластинчатые теплообменники обладают наилучшей эффективностью из всех использованных типов теплообменников. В условиях сельскохозяйственных потребителей выбор оптимального типа теплообменника зависит также от характеристик конкретной системы теплоснабжения и условий эксплуатации [5].

Максимальный КПД теплообмена очевиден для медных пластин с теплопроводностью меди 350-410 Вт/м/К. При этом КПД пластинчатого ТА с алюминиевыми пластинами отличается всего лишь на 2,1 %, хотя теплопроводность алюминия почти в два раза ниже чем у меди и составляет 170-230 Вт/м/К.

Одним из способов повышения КПД теплопередачи является нанесение слоя меди на стальную стенку теплообменного аппарата. Так как медь является лучшим проводником тепла, чем сталь - это позволяет повысить эффективность передачи тепла через стенку аппарата и улучшить его теплоотдачу. Величина КПД в этом случае зависит от толщины и способа нанесения медного слоя. Такие способы следует оценивать с экономической целесообразности процесса нанесения слоя меди.

Вместе с этим теоретическая оценка КПД теплообменного аппарата проводится по критериям подобия сложного расчета показателей технической термодинамики. Основное выражение, описывающее процесс теплообмена в ТА, является уравнение Фурье и зависит от конкретных условий и параметров системы: теплоноситель, температура среды, площадь поверхности теплообменника и т.д. Распространение тепла $u(t)$ в материале и имеет вид:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \lambda_1 \frac{\partial^2 u_1}{\partial x_1^2} + \lambda_2 \frac{\partial^2 u_2}{\partial x_2^2}, \quad (1)$$

где $u(x, t)$ – функция температуры, зависящая от координаты x и времени t ; λ_1 , λ_2 – коэффициенты теплопроводности материалов, соответственно, стали и нанесенной на нее меди.

Это уравнение описывает изменение температуры в материале с течением времени и на площади теплообмена. Оно показывает скорость изменения температуры от коэффициентов теплопроводности и второй производной температуры по координатам площади теплообмена.

Заключение. Таким образом, анализ различных ТА показал, что для повышения эффективности процесса теплообмена в теплообменнике используются специальные поверхности с увеличенной площадью, перегородки для создания турбулентности потока, материалы с высокой теплопроводностью и т.д. Кроме того, можно улучшить процесс теплообмена в теплообменнике путем оптимизации параметров системы.

Таким образом, для улучшения процесса теплообмена в теплообменнике следует использовать в качестве поверхности теплообмена медную или обмедненную поверхность материала, что позволяет повысить КПД аппарата до максимально возможного значения. Выбор конкретного ТА требует индивидуального подхода и расчета, чтобы достичь максимальной

эффективности и экономической целесообразности, что предлагается оценивать с помощью программного решения COMSOL Multiphysics.

Список источников

1. Теплообменное оборудование предприятий: учебное пособие / под ред. А.Н. Иванов, В.Н. Белоусов, С.Н. Смородин – Санкт-Петербург: КУБиК, 2021 – 184 с.
2. Краткий справочник по паротурбинным установкам / под ред. Шляхин П.Н. и Бершадский М.Л. – Москва: Госэнергоиздат, 2021 – 128 с.
3. Промышленные тепломассообменные процессы и установки: академическая и специальная литература / под ред. Бакластов А.М., Горбенко В.А., Данилов О.Л. – Москва: Энергоатомиздат, 2022 – 328 с.
4. Официальный сайт «Presentation» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://thepresentation.ru/uncategorized/klassifikatsiya-teploobmennoy-apparatury>
5. Официальный сайт «ВикибриФ» [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.wikibrief.org/wiki/Copper_in_heat_exchangers
6. Официальный сайт COMSOL Multiphysics [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.comsol.ru/comsol-multiphysics/model-builder>

© Бакиров С.М., Урядова Е.Н., 2023

Научная статья
УДК 631.21

РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОЙ ПЛАВАЮЩЕЙ СТАНЦИИ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВОДЫ В РЕКЕ

Сергей Мударисович Бакиров¹, Даниил Александрович Шашлов², Валерия Константиновна Апасеева³

^{1,2}Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова, г. Саратов, Россия

³Финансово-технологический колледж, г. Саратов, Россия

¹s.m.bakirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9392-7627>

²dshashlov99@mail.ru

³leraapaseeva@mail.ru

Аннотация. Определение параметров воды в реке или водоеме в режиме реального времени является актуальной научной задачей. В работе представлен вариант конструкции автономной станции измерения параметров воды в реке электрическим способом. Информация о фактическом состоянии воды в реке сохраняется для дальнейшего исследования с возможностью дальнейшей корреляции климата рядом с исследуемым водоемом. Также предложена

электрическая схема совершенствования некоторых отдельных устройств измерения параметров воды электрическим способом.

Ключевые слова: Автономная электрическая станция, параметры воды в реке, электропроводность воды, рН-измерение воды, хранение и передача данных

Для цитирования: Бакиров С.М. Разработка автономной плавающей станции измерения параметров воды в реке / С.М. Бакиров, Д.А. Шашлов, В.К. Апасеева // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной научно-практической конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

DEVELOPMENT OF AN AUTONOMOUS FLOATING STATION FOR MEASURING WATER PARAMETERS IN A RIVER

Sergey Mudarisovich Bakirov¹, Daniil Aleksandrovich Shashlov², Valeria Konstantinovna Apaseeva³

^{1,2} Saratov State Agrarian University N. I. Vavilova, Saratov, Russia

³ College of Finance and Technology, Saratov, Russia

¹s.m.bakirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9392-7627>

²dshashlov99@mail.ru

³leraapaseeva@mail.ru

Annotation. Determining the parameters of water in a river or reservoir in real time is an urgent scientific task. The paper presents a variant of the design of an autonomous station for measuring water parameters in a river by an electric method. Information about the actual state of the water in the river is stored for further research with the possibility of further climate correlation near the studied water body. An electrical circuit for improving some individual devices for measuring water parameters in an electrical way is also proposed.

Keywords: Autonomous power plant, river water parameters, water electrical conductivity, water pH measurement, data storage and transmission

For citation: Bakirov S. M. Development of an autonomous floating station for measuring water parameters in the river / S. M. Bakirov, D. A. Shashlov, V. K. Apaseeva // Actual problems of energy in the agro-industrial complex: materials of the XIV National scientific and practical conference with international participation / Ed. S.M. Bakirova - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. В связи с активной антироссийской политикой западных стран и обостренной военной обстановкой наша страна нуждается в объективном мониторинге состояния окружающей среды, а именно водоемов. Водный ресурс является важным жизнеобеспечивающим ресурсом населения и в то же время инструментом воздействия на здоровье человека, через который можно внести любую «заразу» в общество (рисунок 1) [1,2].



Рисунок 1 – Химическое заражение воды в реке притока р. Волга

Повышается значимость непрерывного контроля состояния качества воды в водоемах, реках как для целей питья, так и других целей производства и сельского хозяйства. В связи с этим **целью нашей работы** является предложить вариант автономной плавающей станции измерения параметров воды в реке или водоеме для обеспечения непрерывного мониторинга и анализа изменения параметров воды и в целом климата вокруг водного объекта.

Материалы и методы исследования. Для исследования использовались общие методы научного познания: анализ, наблюдение, системный подход; а также методы теории электротехники и схемотехники.

Результаты исследований. Обеспечить непрерывный контроль параметров воды в реке возможно путем разработки автономной плавающей станции, которая представляет собой плавающий на поверхности водоема (реки) прибор для измерения параметров воды тех территориальных вод, в которых прибор может плавать (рисунок 2). Сбор данных станцией осуществляется для дальнейшей общей оценки изменения состояния воды, окружающей среды и в целом изменения климата. Предлагается прибор оснастить автономной системой энергоснабжения для сбора и передачи данных о местонахождении и показаний воды в реке, и для электропривода мотора для передвижения.



Рисунок 2 – Внешний вид плавающей автономной станции измерения параметров воды в реке (водоеме)

Автономная станция имеет обтекаемую форму и оснащена солнечными и аккумуляторными батареями, электроприводом и измерительной системой, которая 1 раз в час передает данные (7 параметров) параметров воды в водоеме (реке) на сервер защищенного российского хостинга.

Научно-технические решения, требующие исследований:

- зависимости изменения показаний в статическом и динамическом положении сенсорных датчиков станции;
- работоспособность электрической схемы соединений элементов измерительно-вычислительной системы микропроцессора;
- отладка и проверка программы работы измерительной системы с передачей, хранением и обработкой данных;
- обоснование параметров возобновляемого источника энергии, места установки и параметров электропривода для перемещения станции;
- обоснование геометрической формы станции.

Преимущества автономной станции измерения параметров воды в реке:

- уникальность научной разработки и технического решения автономной станции;
- непрерывный локальный контроль параметров воды и окружающей среды района, региона и территориальных вод;
- оперативность измерений в любой точке водоема относительно стационарных метеостанций;
- возможность управления перемещением станции по водоему в нужную точку водного пространства;
- автономная система энергоснабжения, позволяющая длительное время выполнять основные функции (от 2 до 6 месяцев);
- возможность измерения 7 параметров воды (электропроводность воды, рН-уровень воды, температура воды, окислительно-восстановительный потенциал воды, уровень растворенного кислорода в воде, уровень растворенных газов в воде, уровень токсичных металлов или других загрязнителей в воде), а также расширение функциональных возможностей (состояние активности рыб, химический состав воды и т.п.).

Качество воды определяется рядом групп показателей: общие физико-химические показатели (водородный показатель, общая минерализация, жесткость общая, окисляемость перманганатная, электропроводность, температура, окислительно-восстановительный потенциал, кислотность, щелочность, степень насыщения кислородом); органолептические показатели (запах, привкус, цветность, мутность, прозрачность); неорганические вещества (алюминий, медь, ртуть, азот аммонийный, асбест, барий, бериллий, бор, ванадий, висмут, вольфрам, европий, железо, кадмий, калий, кальций, кобальт, кремний и т.п.); бактериологические и паразитологические показатели (общее микробное число, общие колиформные бактерии, термотолерантные колиформные бактерии, фекальные стрептококки, Колифаги, споры клостридий, Цисты лямблий и т.п.); радиологические показатели (Радий, Тритий, Уран, радиоактивность) [3].

Электрическим способом измерить большинство параметров воды нельзя. В настоящее время известно около 14 устройств измерения параметров воды электрическим способом [4]. Поэтому измерительная система в первоначальном исполнении может включать в себя 2 вида измерений.

Рассмотрим сборку схем измерений проводимости воды, то есть определения количества минеральных веществ в воде, и рН воды на основе известных схем [3-5].

Для компоновки измерительной системы совместим две известные схемы TDS-датчика (рисунок 3) и рН-метра (рисунок 4), используя 1 сенсор в виде двух электродов, размещенных в нижней части станции.

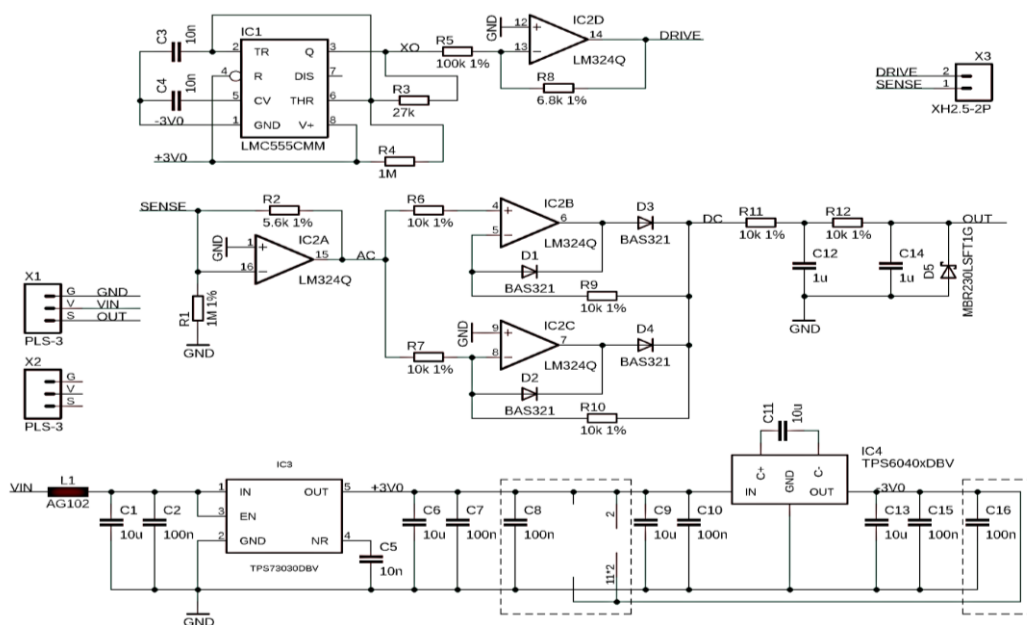


Рисунок 3 – Электрическая принципиальная схема TDS-датчика (LMC555 - генератор импульсов, TPS73030 - понижающий регулятор, TPS60400 - инвертирующий регулятор, LM324Q – выводы операционного усилителя TSX564)

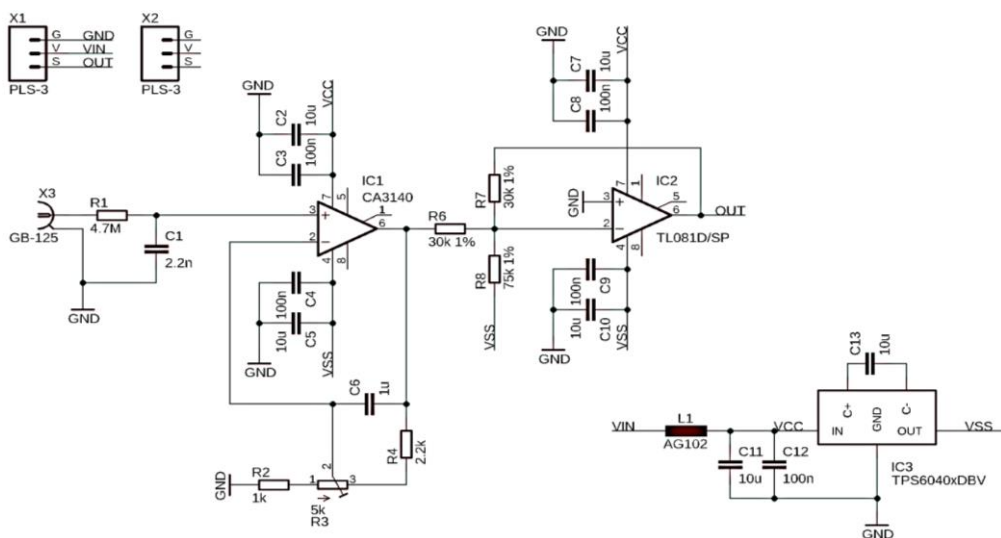


Рисунок 4 - Принципиальная электрическая схема рН-метра (CA3140AMZ – интегрирующий операционный усилитель, TL081BCD – операционный усилитель, TPS60403 - инвертирующий регулятор)

Для изображенных схем на рисунках 3 и 4 предлагается использовать один двухэлектродный датчик, устанавливаемый в разъем X2 как показано на рисунках. В этом случае требуется калибровка этих схем по уровню сигнала S разъема X2.

Заключение. Таким образом, разработка автономной плавающей станции измерения параметров воды в реке (водоеме) позволит непрерывно контролировать параметры воды, собирать базу данных для анализа изменения параметров окружающей среды и в целом климата, развить электротехнологию измерения параметров воды электрическим способом. Данная разработка направлена на обеспечение экологической безопасности страны и может быть использована как государственными организациями: Минприроды, Росатом, Росгидро, Водоканал, Водосток и т.п.; а также коммерческими производственными и сельскохозяйственными предприятиями.

При разработке измерительной системы следует учитывать габаритные размеры станции и при объединении электрических схем измерения рН-метра и TDS-датчика учитывать калибровку выходного сигнала двухэлектродного сенсора.

Список источников

1. Астафьев, В.А. Вирусное загрязнение питьевой воды в промышленных городах восточной сибери / Астафьев В.А., Мамонтова Л.М., Савилов Е.Д., Рахманин Ю.А., Недачин А.Е. - Гигиена и санитария. 2000. № 3. С. 17-19.
2. Терешина, М.А. Природный фон или антропогенное загрязнение: формирование качества воды рек Линды и Кудьмы / Терешина М.А., Соколов Д.И., Ерина О.Н., Вилимович Е.А. - В сборнике: Проблемы экологии Волжского бассейна. Труды 4-й всероссийской научной конференции. 2019. С. 29.
3. Сайт ВОДЭКО. Системы промышленной очистки воды и водоподготовки [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://vodeco.ru/landings/>, свободный. – Загл. С экрана
4. Сайт ВикиАмперка. Тройка-модули [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://wiki.amperka.ru/>, свободный. – Тройка модули.
5. Lakshmanan, L. «Analysis of the Water Quality Monitoring System» / L. Lakshmanan, A. Jesudoss, A. Sivasangari, S. Maran and M. Mercy Theresa. - 2020 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP), Chennai, India, 2020, pp. 1032-1035, doi: 0.1109/ICCSP48568.2020.9182256.

© Бакиров С.М., Шашлов Д.А., Апасеева В.К., 2023

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Сергей Владимирович Бахтеев¹, Сергей Александрович Кифарак², Михаил Александрович Меденцев³

^{1,3}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

²Центральное производственное отделение филиала ПАО «Россети Волга», г. Саратов, Россия

¹sergey678s64@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-2840-2306>

²kifarak.sa@icloud.com <https://orcid.org/0009-0001-3788-8192>

³m.a.medencev@gmail.com <https://orcid.org/0009-0009-5153-265X>

Аннотация. В последнее время растет осознание экономической целесообразности внедрения современных методов и средств технической диагностики, в том числе по причине того, что в подавляющем числе энергокомпаний доля силового оборудования, выработавшего расчетный ресурс, превышает 50%, а темпы старения парка оборудования на 3-5% больше темпов его обновления. Постоянно повышаются требования к точности диагностирования, внедряются новые методы диагностики в связи с тенденциями экономии средств на эксплуатацию оборудования и перехода на обслуживание по техническому состоянию.

Развитие электросетевого комплекса в последнее время предполагает установку инновационного оборудования на подстанциях, воздушных линиях электропередач и использование последних разработок кабельно-проводниковой продукции. Активное использование информационных технологий в процессе эксплуатации позволит более эффективно решать возникающие проблемы.

Ключевые слова: информационные технологии, электрооборудование, диагностирование, высоковольтное оборудование, эксплуатация.

Для цитирования: Бахтеев, С.В. Использование информационных технологий в процессе эксплуатации высоковольтного электрооборудования / С.В. Бахтеев, С.А. Кифарак, М.А. Меденцев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES DURING OPERATION OF HIGH-VOLTAGE ELECTRICAL EQUIPMENT

Sergey Vladimirovich Bakhteev¹, Sergei Alexandrovich Kifarak², Mikhail Alexandrovich Medentsev³

^{1,2}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering. N.I. Vavilov, Saratov, Russia

³Central production department of the branch of ПАО «Rosseti Volga», Saratov, Russia

¹sergey678s64@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-2840-2306>

²kifarak.sa@icloud.com <https://orcid.org/0009-0001-3788-8192>

³m.a.medencev@gmail.com <https://orcid.org/0009-0009-5153-265X>

Annotation. Recently, there has been a growing awareness of the economic feasibility of introducing modern methods and means of technical diagnostics, including due to the fact that in the vast majority of energy companies the share of power equipment that has exhausted its estimated resource exceeds 50%, and the aging rate of the equipment fleet is 3-5% higher. the pace of its renewal. The requirements for the accuracy of diagnostics are constantly increasing, new diagnostic methods are being introduced in connection with the trends in saving money on the operation of equipment and the transition to maintenance based on technical condition.

The development of the power grid complex in recent years involves the installation of innovative equipment at substations, overhead power lines and the use of the latest developments in cable and wire products. The active use of information technology in the process of operation will more effectively solve emerging problems.

Keywords: information technology, electrical equipment, diagnostics, high-voltage equipment, operation.

For citation: Bakhteev, S.V. Use of information technologies during operation of high-voltage electrical equipment / S.V. Bakhteev, S.A. Kifarak, M.A. Medentsev // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023

Введение. Необходимость активного внедрения информационно-аналитических систем для оценки состояния высоковольтного электротехнического оборудования в энергетике вызвана рядом причин. Возросли требования к оперативности управления, организации процесса эксплуатации оборудования, выявления дефектов оборудования до развития аварийного дефекта, устранения последствий аварий и др. В условиях конкуренции между энергокомпаниями становится наиболее востребована экономическая оценка тактики эксплуатации электрооборудования.

В связи с увеличением парка оборудования и объемов отчетности по нему обострилась необходимость автоматизации процессов сбора и обработки информации. Информационные хранилища позволяют избежать потери и искажения важной диагностической информации об оборудовании, которые могут происходить при периодической смене, возникновении, видоизменении,

функций и структуры энергокомпаний и их подразделений, а также при работе на одних объектах специалистов разных подразделений.

Используемая нормативно-техническая база диагностирования охватывает неполный набор контролируемых параметров и не в полной мере отвечает современному пониманию вопросов диагностирования силового оборудования. У части важных для диагностирования параметров измеряемые значения не нормируются действующими РД, либо эти значения не имеют границ области риска и не всегда разграничены по конструктивным особенностям. Практически не учитываются постоянно идущие процессы старения изоляции. Не выработана точная методология производства испытаний/измерений и анализов новейших систем и оборудования.

Материалы и методы. Внедрения информационных технологий в процессе эксплуатации силового электрооборудования, в том числе при его диагностировании, это прежде всего необходимость, обусловленная как современными тенденциями развития энергетической отрасли, так и необходимостью эффективной работы энергетических компаний. Использование информационных технологий повышающей оперативность принятия решений, достоверность данных и способствуют получению новых знаний.

Применение информационных аналитических систем в энергетике России началось в конце 90-х годов и связано было с распространением ПЭВМ и развитием новых средств создания программного обеспечения. Появление диагностических систем на базе экспертных систем началось 10-15 лет назад. Сегодня экспертные системы применяют практически все крупные энергокомпании.

Различают пять характерных видов использования информационных технологий в энергетике:

- базы данных для упорядоченного хранения информации;
- программы, позволяющие автоматизировать рабочее место (АРМ) для автоматизации простых действий персонала и анализу оперативных данных;
- системы искусственного интеллекта (ИИ) для решения тактических задач в части составления плана диагностирования оборудования, планирования действий персонала по дальнейшей эксплуатации, прогноза хода событий и обучения персонала;
- системы ИИ для решения стратегических задач в части анализа структуры эксплуатационных затрат, состава и технического состояния парка оборудования энергокомпаний, автоматизация элементов научных исследований для получения новых знаний;
- системы машинного зрения в части слежения за состоянием объекта и оперативного принятия решения.

Результаты исследования. Из всех видов электрооборудования, определяющего надежность энергосистем, силовые трансформаторы являются одними из важных и дорогих элементов. Поэтому именно для них разрабатывались диагностические системы и в настоящее время представлены более широко, чем для другого вида оборудования. Оценка технического

состояния на основании анализа состояния масла играет ключевую роль для большей части оборудования и имеет общие подходы, поэтому наиболее передовые отечественные информационные аналитические системы диагностируют все виды маслonaполненного оборудования.

Приведем краткие сведения о Российских экспертных диагностических системах маслonaполненного электрооборудования:

1. *Информационная система Норильского индустриального института.* Информационная система, состоящая из баз данных (БД) и баз знаний (БЗ). В БД содержится информация паспортов электрооборудования, данных периодических испытаний, технологические карты ремонта, статистические данные о выявляемых дефектах. Данные о предельно допустимых нормах и испытательные критерии, руководящие документы (РД), инструкции заводов изготовителей. БЗ представляет собой информационную систему, в которой находятся советы и пояснения в части опыта эксплуатации, конструктивным дефектам и пр.

2. *Информационно-аналитическая система «Диана».* Комплекс программ для ведения и анализа информации по электрооборудованию. В частности, осуществляет широкий охват разных видов электрооборудования в БД. В качестве дополнительной возможности имеет графический редактор, позволяющий рисовать электрические схемы, умеет оптимизировать периодичность ремонтов.

3. *Информационно-диагностический комплекс «ЭлектроФактор».* База данных комплекса содержит широкий спектр видов оборудования. Имеет библиотеку инструкций, руководящие документы, инструкции заводов изготовителей.

4. *«Автоматизированная система для оценки технического состояния электрооборудования».* Разработана ДонОРГРЭС и ОАО «Кубаньэнерго». В БД включено все электрооборудование и его измерения по РД. Система состоит из ряда информационных и экспертных систем: нормативно-справочная система; ремонтные паспорта; режимная информация; оценки состояния электрооборудования электрической сети по отказам; оценка остаточного ресурса; оценка деформации обмоток по опыту КЗ; контроль ЧР и тепловизионный. Для оценки состояния оборудования по результатам хроматографического и химического анализа масла, содержанию фурановых соединений и антиокислительной присадки. Используется БЗ ЭДИС «Альбатрос».

5. *Интеллектуальная информационно-диагностическая система (ИИДС) для электрооборудования электростанций.* Создана на базе разработок ВНИИЭ. В систему входит: общестанционная БД на электрооборудование (паспорта, ремонты, отказы, дефекты, измерения); система мониторинга с полным циклом измерений, обработки, сравнения с уставками и архивации электрических, тепловых и технологических параметров генераторов; экспертная система оперативной диагностики генераторов по выявлению дефектов и выработке рекомендаций по устранению дефектов.

6. *«MultiTest» – программная система для контроля работоспособности электрооборудования.* Система контроля работоспособности электрооборудования. База данных системы охватывает наиболее полный состав видов оборудования, результаты измерения электрических характеристик, хроматографического и физико-химического анализов масла. Проводит оценку измеряемых параметров на основании РД в 3-х категориях: «в норме», «выше допустимого», «выше предельно-допустимого». Составляет план-график проведения измерений и контролирует его выполнение, формирует выборки по паспортным характеристикам, результатам измерений и браковкам оборудования. Внедрена в энергосетях г. Владимир.

7. *Корпоративная экспертно-диагностическая и информационная система управления техническим обслуживанием высоковольтного электрооборудования ЭДИС «Альбатрос».* Разработана специалистами УГТУ-УПИ и ОАО «Свердловэнерго». Дает оценку технического состояния силовых трансформаторов (10-750 кВ), высоковольтных вводов трансформаторов и масляных выключателей, масляных реакторов и измерительных трансформаторов на основании: хроматографического анализа растворенных в масле газов; физико-химического анализа масла; характеристик изоляции; опыта холостого хода; сопротивления обмоток постоянному току; сопротивления короткого замыкания, удельному объемному электрическому сопротивлению масла. БЗ поставляется заполненной, содержит знания многих экспертов, авторские разработки, зарубежный опыт (методики Роджерса, Дюваля, TCG, расчет влагосодержания твердой изоляции). БЗ выполняет диагностику по всем перечисленным видам измерений и типам оборудования, определяет характер, степень опасности дефекта, выдает рекомендации персоналу по дальнейшим эксплуатационным мероприятиям, объему измерений. Предусмотрена возможность редактирования 2 библиотек значений критериальных параметров (на основе РД и расширенной). Например, экспертная библиотека граничных значений концентраций газов ТТ, ТН и т.д. В БД входят паспорта выключателей всех типов, ограничителей перенапряжений, информация по взаимозаменяемости вводов. С помощью ЭДИС можно провести факторный анализ эксплуатационных мероприятий по стоимости и трудозатратам с целью определения стратегии инвестиций в оборудование, автоматическую верстку и мониторинг планов измерений. ЭДИС имеет современные средства статистического анализа оборудования, находящегося на контроле; характеристик парка оборудования; значений контролируемых параметров.

8. *Автоматизированная система оценки состояния силовых трансформаторов и вводов «Диагностика +».* Разработана Ивановским государственным энергетическим университетом. В системе заложена возможность прогнозирования скорости развития дефекта и определение остаточного срока службы трансформатора. БД системы обеспечивает внесение и хранение информации по хроматографическому анализу растворенных в масле газов, физико-химическому анализу масла, результатам измерения

диэлектрических параметров изоляции, потерям холостого хода и сопротивлению обмоток. Диагностирование ведется в рамках РД.

9. *Экспертная система диагностики «Трансформатор».* Разработана ВЭИ. Предназначена для ранней диагностики изоляции трансформаторов и реакторов по результатам ХАРГ. Диагностика проводится по методикам ВЭИ, Роджерса, Дюваля, ТСГ, рекомендациям МЭК, РД. Дальнейшее развитие эта разработка получила в системе «Элхром», которая проводит диагностику силовых трансформаторов, высоковольтных вводов, конденсаторов. В системе дополнительно используются значения влагосодержания масла, фурановых соединений, антиоксиданта, тангенса угла диэлектрических потерь, сопротивления изоляции и короткого замыкания. БЗ выдает тип дефекта, рекомендации по дальнейшей эксплуатации. Система дает пояснение принятых решений.

10. *«ДиаХром-2000»/«ДиаХром»/«Полихром»* – автоматизированная система диагностики. Разработана Всесоюзным научно-исследовательским институтом хроматографии и МЭИ. Диагностирование силовых трансформаторов и вводов на основании хроматографического анализа растворенных в масле газов в соответствии с РД и рекомендаций ВНИИЭ, ОРГРЭС, «Мосизолятор». Осуществляет прием и обработку хроматограмм, хранение их в БД, а также значений влагосодержания трансформаторного масла. Ведет оперативный контроль графика отбора проб растворенных газов и выдает рекомендации по эксплуатации.

11. *Система диагностирования трансформаторов и высоковольтных вводов «Хроматэк Аналитик» и «Хроматэк Энергетик».* «Хроматэк Аналитик» выполняет обработку хроматограмм. В БД системы хранятся результаты хроматографического анализа, влагосодержание масла и ионла трансформаторов и вводов. «Хроматэк Энергетик» проводит диагностику силовых трансформаторов на основе РД.

12. *Система диагностического мониторинга силовых трансформаторов 110-330 кВ «TDM-M».* Стационарная система марки TDM-M (Transformer Diagnostics Monitor) предназначена для организации диагностического мониторинга силовых трансформаторов 110-330 кВ. Данные трансформаторы являются наиболее массовыми в сетевых предприятиях, но в силу ряда причин они обычно не имеют средств оперативного контроля и диагностики дефектов под рабочим напряжением. Система TDM-M сочетает в себе средства эффективного мониторинга и комплексный подход к диагностике состояния силовых трансформаторов. Является сравнительно простым и функционально законченным программно-техническим комплексом.

Заключение. Экспертные диагностические системы относятся к новым информационным технологиям, они разрабатываются и используются в энергетике многих стран. Их применение определяет экономический эффект по двум основным направлениям: за счет раннего обнаружения дефектов и предупреждения развития аварии и за счет возможности отказа от жесткого регламентирования профилактических работ, в том числе текущих ремонтов, и перехода на проведение по состоянию диагностируемого объекта. Наибольший

эффект достигается, когда информационная система следит за состоянием всего оборудования энергокомпании.

Крупные энергокомпании в виду наличия дорогостоящего и ответственного оборудования могут себе позволить использование информационных систем, и они полностью себя оправдывают. Этот опыт следуют и переносить и на распределительные подстанции. В современных условиях их надежность также должна быть высокой.

Список источников

1. Шлюпиков, С.В. Причины отказов силовых маслонаполненных трансформаторов в распределительных сетях / С.В. Шлюпиков, С.М. Бакиров, А.П. Колбанов, С.А. Кифарак // В книге: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. С. 266-269.
2. Трушкин, В.А. Исследование зависимости электрической прочности трансформаторного масла от влажности и наличия механических примесей / В.А. Трушкин, С.В. Шлюпиков, О.Н. Чурляева, А.А. Верзилин // Техника и оборудование для села. 2022. №8 (302). С. 35-38.
3. Трушкин, В.А. Диагностика и эксплуатация трансформаторов с длительным сроком службы // В.А. Трушкин, С.В. Шлюпиков, О.А. Соколов, С.А. Кифарак В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы XI национальной научно-практической конференции с международным участием. Под общей редакцией В.А. Трушкина. Саратов, 2020. С. 123-125.
4. Рыбаков, Л.М. Обзор существующих средств диагностирования силовых трансформаторов высокого напряжения / Рыбаков Л.М., Макарова Н.Л. Вестник Марийского государственного университета. 2011. №6. С. 137-140.
5. Трушкин, В.А. Концепция развития цифровой электроэнергетики в РФ / В.А. Трушкин, С.В. Шлюпиков, Д.С. Кукин, А.В. Трушкина // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2022. С. 165-168.

© Бахтеев С.В., Кифарак С.А., Меденцев М.А., 2023

Научная статья
УДК 621.365.61:631.227

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВОДОРОДНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Дмитрий Анатольевич Бибко

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия, bebko.d1978@mail.ru

Аннотация: Рассмотренные физико-химические параметры водородного нагревателя позволяют детально подойти в исследовании его энергетических характеристик.

Ключевые слова: Водород, нагреватель, электролиз, электролитический процесс, тепловая энергия.

Для цитирования: Бибко Д.А. Исследование параметров водородной установки для применения в качестве получения водорода и тепловой энергии / Д.А. Бибко // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. Д.А. Бибко – Краснодар: ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2023.

Original article

INVESTIGATION OF THE PARAMETERS OF A HYDROGEN PLANT FOR USE AS HYDROGEN AND THERMAL ENERGY PRODUCTION

Dmitry Anatolyevich Bebko

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia, bebko.d1978@mail.ru

Abstract: The considered physicochemical parameters of a hydrogen heater allow a detailed approach to the study of its energy characteristics.

Keywords: Hydrogen, heater, electrolysis, electrolytic process, thermal energy.

For citation: Bebko D.A. Investigation of parameters of a Hydrogen Plant for Use as Hydrogen and Thermal Energy Production / D.A. Bebko // Actual problems of agricultural energy: materials of the XIV National Conference with international participation / Edited by D.A. Bebko – Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 2023.

Введение. В России существует широкий спектр различного вида нагревательных установок, применяемых в промышленности и аграрном секторе, которые применяются для отопления и нагрева различного вида производства. В большинстве случаев и применение основано на прямом или

косвенном нагреве различного вида объектов. Но не всегда их применение удовлетворяет современному технологическому развитию и энергосбережению.

Нами предлагается использовать нагревательную водородную установку, основой которой будет использование химико-физического процесса получения водорода и использование его как источника тепловой энергии.

Материалы и методы. Известно, что использование такого процесса как электролиз воды позволяет реализовать получение водорода, при этом из 800-1000 грамм воды можно получить 1 м³ водорода [2]. Для повышения синтеза водорода из воды обычно используют в процессе электролиза добавление щелочей КОН, NaOH концентрацией от 10-30 % в воде [1]. Выбор оптимальной концентрации щелочи производится исходя из удельной проводимости электролитического раствора при различных температурах. С повышением температуры концентрация щелочи сдвигается в сторону максимумов. Вода, применяемая в электролитическом процессе должна быть достаточно чистой, то есть предварительно электродах можно воспользоваться формулой

$$\Delta U = i \cdot R = i \cdot \rho \cdot \frac{l}{S} \quad (1)$$

где i – сила тока проходящая между электродами, А; ρ – удельное электрическое сопротивление электролита (с учетом газонаполнения раствора), Ом·м; l – расстояние между электродами, м; S – сечение электролита между электродами, м².

При протекании электролитической реакции в водородном нагревателе образуются газы при этом мы должны учесть, это при расчетах падения напряжения введя коэффициент газонаполнения K , он показывает во сколько раз удельное сопротивление электролита с газовыми пузырьками ρ , больше чем, удельное сопротивление без газовых пузырьков

$$K = \frac{\rho}{\rho_r} \quad (2)$$

С учетом газонаполнения по формуле 2, тогда формула 1 будет выглядеть следующим образом.

$$\Delta U = i \cdot K \cdot \rho \cdot \frac{l}{S} \quad (3)$$

Что касается параметров водородной установки импульсного напряжения 220 в и частоты 500 Гц данные параметры позволяют осуществить резонансный режим [3], при котором происходит максимальное выделение водорода на катоде и кислорода на аноде с последующим сгоранием и синтезом тепла, при оптимальном энергосбережении. Если рассмотреть ближайшие частоты 400 и 600 Гц, то на таких частотах резонанс не наблюдается и соответственно не происходит максимального выделения водорода и кислорода с последующим синтезом тепла. Для расчета тепловой мощности используется стандартная формула расчета

$$Q_n = c \cdot \Delta t \cdot m \quad (4)$$

где c – теплоемкость раствора, 4,19 кДж/кг; Δt – разница температур на выходе и на входе устройства, °С; m – масса проходящего раствора, кг.

Результаты исследования. Пример конкретного осуществления заявляемого устройства. Раствор щелочи плотностью 1030 кг/м^3 подается в устройство, показанное на рисунке 1.

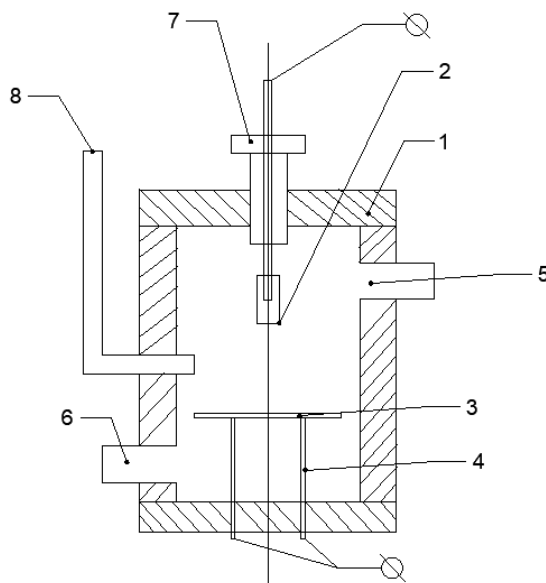


Рисунок 1 – Водородная установка

Устройство состоит из диэлектрического корпуса (1), катода (2) состоящего из металлического стержня и сменным металлическим наконечником с регулируемым по вертикали за счет резьбового соединения с диэлектрическим держателем (7), который позволяет регулировать расстояние между катодом и анодом (3) анодными креплениями (4). Устройство снабжено входным (5) и выходным патрубками (6) для протекания щелочного раствора, отводными каналам предназначенными для отвода и кислорода (8).

В данной установке происходит разложение воды на кислород и водород с последующим их сгоранием и выделением тепла $233,80 \text{ кДж}$. Длительность опыта 5 мин.

Для доказательства эффективности устройства были проведены производственные опыты с расстоянием межэлектродного пространства 20, 30 и 40 мм и частотой импульсного тока 500 Гц (Таблица 1).

Таблица 1 - Технические данные опытов с варьированием межэлектродного расстояния 20, 30 и 40 мм

Наименование показателей	Напряжение U, В	Ток, А			Масса проходящего через устройство раствора m, кг	Разница температур на входе и на выходе из устройства Δt			Тепловая энергия Q; кДж		
		20 мм	30 мм	40 мм		20 мм	30 мм	40 мм	20 мм	30 мм	40 мм
		Плотность щелочного раствора $\rho=1010 \text{ кг/м}^3$	220	0,5		0,81	0,45	0,9	23	32	25

Наименование показателей	Напряжение U, В	Ток, А			Масса проходящего через устройство раствора m, кг	Разница температур на входе и на выходе из устройства Δt			Тепловая энергия Q; кДж		
		20 мм	30 мм	40 мм		20 мм	30 мм	40 мм	20 мм	30 мм	40 мм
		Плотность щелочного раствора $\rho=1020\text{кг/м}^3$	220	0,63		0,92	0,53	0,9	26	41	27
Плотность щелочного раствора $\rho=1030\text{кг/м}^3$	220	0,78	0,98	0,7	0,9	40	62	39	150,84	233,80	147,07
Плотность щелочного раствора $\rho=1040\text{кг/м}^3$	220	0,76	0,93	0,65	0,9	34	58	33	128,21	226,26	124,44
Плотность щелочного раствора $\rho=1050\text{кг/м}^3$	220	0,75	0,9	0,6	0,9	32	57,6	31	120,67	222,49	116,90

Заключение. Проведенные исследования показали, что при варьировании межэлектродного расстояния от 20 до 40 мм наиболее эффективная плотность раствора составила 1030 кг/м^3 , при которой выход тепловой энергии составил (в кДж) 150,84, 233,8 и 147,07 соответственно, что подтверждает эффективность работы установки на расстоянии между катодом и анодом 30мм. Далее показана зависимость коэффициента энергетической эффективности от плотности и частоты импульсного тока на рисунке 2.

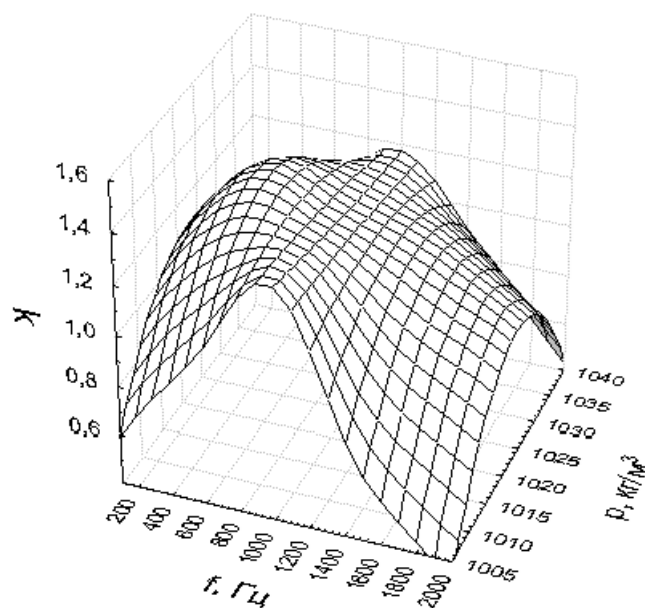


Рисунок 2 - Зависимость коэффициента энергетической эффективности от частоты импульсного тока и плотности раствора

Данные показатели влияют на энергетические показатели водородного нагревателя, которые мы в дальнейшем будем учитывать при исследовании. В нашем случае энергетические показатели по затратам на получение 1 м³ водорода будут составлять в пределах 0,8-1,2кВт·ч, а выделение тепловой энергии составило 233,8 кДж.

Список источников

1. Федотьев Н.П., Прикладная электрохимия/ Н.П. Федотьев, А.Ф. Алабышев, А.Л. Рогинян и др. // Государственное научно-техническое издательство химической литературы – 1968 – с. 642.
2. Белая Н.И., Практикум по электрохимии / Н.И. Белая, А.В. Белый, Л.Н. Полищук, В.И. Кожокар//, А.М. Михальчук. Учебно-методическое пособие. - Донецк: ДонНУ, – 2010 – с. 114.
3. Бебко Д.А. Управление химической реакцией водозлектрического генератора тепла электрическими параметрами импульсного источника питания / Д.А. Бебко Материалы межвузовской научной конференции факультетов энергетики и электрификации, механизации. – Краснодар: КГАУ, 2004. – С.190-191.

© Бебко Д.А., 2023

Научная статья
УДК 663.915

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА КОРМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ДИСПЕРГАТОРА

Марина Михайловна Беззубцева¹, Владимир Сергеевич Волков²

^{1,2} «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», г. Пушкин, Санкт-Петербург, Россия

¹ mysnegana@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8469-7981>

² vol9795@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3151-814X>

Аннотация. В статье приведены результаты исследований режимов работы инновационных электромагнитных диспергаторов (ЭМД), позволяющих получать продукты переработки в аппаратурно-технологических схемах кормопроизводства с заданными технологией параметрами дисперсности при значительном сокращении энергетических затрат.

Ключевые слова: аппаратурно-технологические схемы АПК, кормопроизводство, интенсификация, электромагнитный диспергатор.

Для цитирования: Беззубцева М.М. Интенсификация аппаратурно-технологической схемы производства корма с использованием электромеханического диспергатора / М.М. Беззубцева, В.С. Волков //

Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

INTENSIFICATION OF HARDWARE AND TECHNOLOGICAL SCHEME OF FEED PRODUCTION USING ELECTROMECHANICAL DISPERSER

Marina M. Bezzubtseva¹, Vladimir S. Volkov¹

^{1,2} Saint-Petersburg State Agrarian University», Pushkin, Saint-Petersburg, Russia

¹ mynegana@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8469-7981>

² vol9795@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3151-814X>

Annotation. The article presents the results of a study of the operating modes of innovative electromagnetic dispersants (EMD), which make it possible to obtain processed products in the instrumental and technological schemes of fodder production with the dispersion parameters specified by the technology with a significant reduction in energy costs.

Keywords: hardware-technological schemes of the agro-industrial complex, fodder production, intensification, electromagnetic disperser

For citation: Bezzubtseva M.M. Intensification of hardware and technological scheme of feed production using electromechanical disperser / M.M. Bezzubtseva, V.S. Volkov // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. С.М. Bakirova - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Приоритетным направлением развития аграрного сектора экономики является формирование комплекса инновационных конкурентноспособных технологий на базе разработок отечественных ведущих научных школ ученых профильных специальностей. С целью обеспечения продовольственной безопасности в условиях формирования технологического суверенитета РФ предприятия отрасли вынуждены адаптировать выпуск своей продукции с учетом локального рынка как сырьевых материалов, так и ассортимента выпускаемых готовых изделий.

К многообещающим относятся технологии кормопроизводства с решением проблем реализации продовольственных отходов в кондитерских, винодельческих, рыбных и других отраслях АПК. К такой ресурсосберегающей технологии можно отнести технологию производства биологически активной добавки из какаоеллы — оболочки какао бобов, используемых в производстве шоколадных изделий. По питательному составу какаоелла содержит белки, клетчатку, пентозаны, витамины. Причем массовая доля этих веществ в какаоелле в два раза выше, чем в ядре какао бобов.

В этой связи интенсификация аппаратно-технологической схемы производства корма для сельскохозяйственных животных с использованием этого компонента является достаточно актуальной задачей. При этом ставятся

задача снижения энергоемкости готовой продукции путем внедрения в технологию производства конкурентоспособного и энергосберегающего оборудования отечественной разработки.

Материалы и методы. При проведении исследований использованы методики расчета и проектирования электромеханических диспергаторов (ЭМД). Дисперсионный анализ проведен стандартными методами с использованием высокоточных анализаторов Ласка ТД. При обработке экспериментальных данных применен экспериментально-статистический метод анализа.

Технологическая схема производства высокопитательной кормовой добавки с включением какаоветлы представлена на рисунке 1.

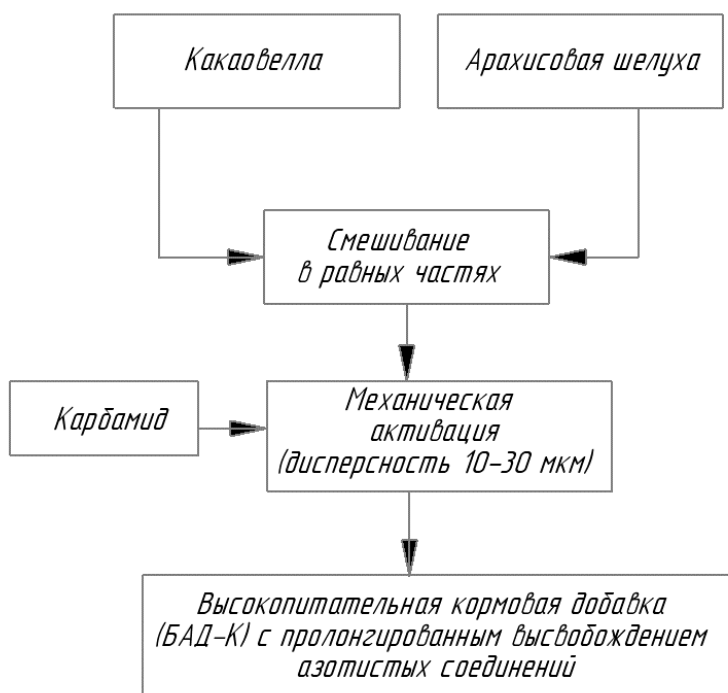


Рисунок 1 – Технологическая схема производства высокопитательной кормовой добавки БАД-К

Самым энергоемким в представленной на рис.1 технологической схеме является процесс измельчения и механоактивации. Как показала практика производства [1, 2, 3], известные в настоящее время измельчители не отвечают современным требованиям производства как по показателю селективности дисперсности частиц помола [4, 5], так и высоким энергетическим затратам [6, 7]. В этой связи в аппаратно технологическую линию производства корма был внедрен аппарат нового принципа действия — электромеханический диспергатор (ЭМД) [8]. Конструктивная схема ЭМД представлена на рис.2.

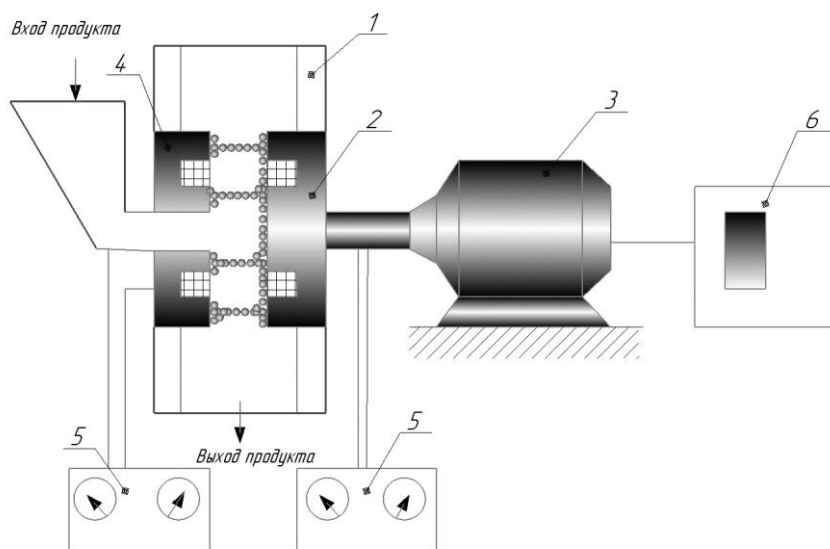


Рисунок 2 — Экспериментальный стенд производства корма для сельскохозяйственных животных с использованием ЭМД (патент РФ 84263)

1 — корпус ЭМД; 2 — диск подвижный; 3 — электродвигатель; 4 — диск неподвижный; 5 — блок управления электромагнитным режимом работы устройства ЭМД; 6 — блок управления скоростным режимом работы ЭМД

Результаты исследования. Относительная скорость смещения поверхностей, ограничивающих рабочий объем ЭМД (скоростной режим) [9], определяющая интенсивность преобразования электромагнитной энергии в кинетическую энергию движения ферротел (размольных элементов) в их магнитоожигенном слое вычислена по базовой формуле скорости $n_{\text{доп}}$ вращения диска

$$n_{\text{доп}} = 0,16 \sqrt{\frac{K_1 F_r}{G_{\text{рз}} R}}, \quad (1)$$

где K_1 — коэффициент, определяемый отношением варьирования допустимого диапазона электромагнитной индукции к ее номинальному значению в рабочем объеме ЭМД; F_r — силовое взаимодействие феррошаров в их магнитоожигенном слое; $G_{\text{рз}}$ — масса размольного элемента; R — средний радиус смещения ферротел в рабочем объеме ЭМД.

Сила контактного взаимодействия феррошаров в их магнитоожигенном слое (Fr) определена выражением [9, 10]:

$$Fr = \frac{3}{32} \mu^* H^2 R_0^2 \frac{(\frac{\mu}{\mu_0} - 1)^2}{(\frac{\mu}{\mu_0} + 2)^3} \left(5 \frac{\mu}{\mu_0} + 7 \right), \quad (2)$$

где H — напряженность магнитного поля в зонах контакта феррошаров.

Заданный условиями обработки коэффициент заполнения рабочего объема феррошарами K устанавливается изменением соотношения магнитной проницаемости феррошаров μ к магнитной проницаемости среды μ_0

$$\mu^* / \mu \leq \mu_0 / \mu < 1. \quad (3)$$

Зависимость дисперсности частиц помола $D\delta 30$ от электромагнитной индукции B и скоростных режимов работы ЭМД n представлена на рис.3.

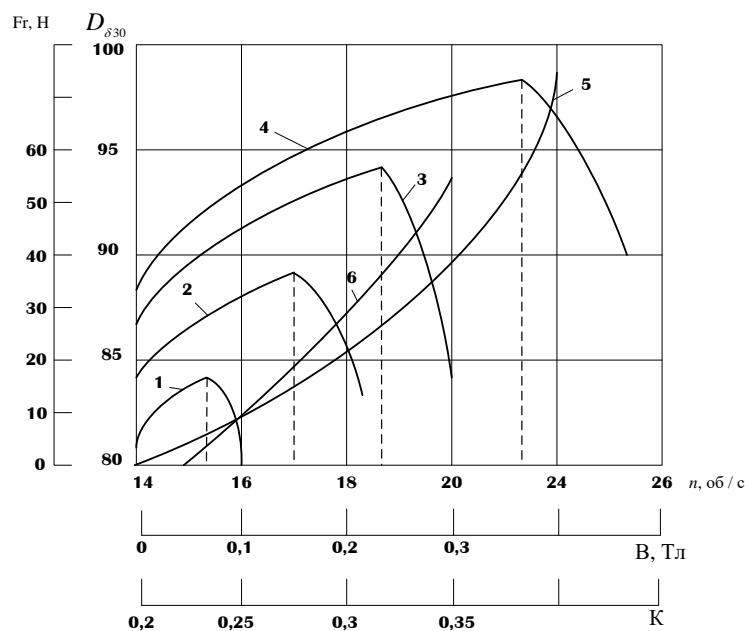


Рисунок 3 – Результаты экспериментальных исследований процесса механоактивации смеси компонентов комбикорма в ЭДМА: 1...4 – $D\delta30 = \varphi(n)$ при $B_1 = 0,2$ Тл; $B_2 = 0,25$ Тл; $B_3 = 0,3$ Тл; $B_4 = 0,4$ Тл; 5 - $Fr = \varphi(B)$; 6- $D\delta30 = \varphi(K)$

Анализ полученных данных подтвердил зависимость дисперсности частиц помола от величины электромагнитной индукции в рабочем объеме ЭМД и скорости смещения рабочих дисков аппарата и позволил выявить режимы работы для получения частиц продукта с заданной технологией производства тониной помола.

Заключение. В результате проведенных исследований выявлена возможность получения продукта с ровным гранулометрическим составом в установленном технологией диапазоне дисперсности (массовая доля частиц помола от 10 до 30 мкм составляет 76 %) при значительном сокращении энергетических затрат (примерно в 2 раза) за счет формирования заданных энергетических и силовых условий в рабочем объеме ЭМД, а также совмещения стадий переработки измельчение-механоактивация-перемешивание.

Список источников

1. Беззубцева М.М., Волков В.С., Обухов К.Н. Научное обоснование внедрения импортозамещающего способа электромагнитной механоактивации в аппаратно-технологические системы шоколадного производства: монография. – СПб.: СПбГАУ, 2016. –197 с.
2. Беззубцева М.М., Волков В.С. Перспективы внедрения импортозамещающего оборудования в аппаратно-технологические линии переработки сельскохозяйственного сырья // Развитие агропромышленного комплекса на основе современных научных достижений и цифровых технологий. - Великие Луки: ВГСХА, 2022. - С. 6-8.
3. Беззубцева М.М., Волков В.С. Импортозамещение в кормопроизводстве // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения. - СПб: СПбГАУ, 2022. - С. 243-247.

4. Беззубцева М.М., Волков В.С. Особенности диспергирования материалов различного целевого назначения с учетом закономерностей селективного разрушения // Повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутренних и внешних рынках. - СПб: ООО "Экспофорум-Интернэшнл", 2017. - С. 177-178.
5. Беззубцева М.М., Волков В.С. Исследование селективности процесса измельчения материалов в электромагнитных механоактиваторах // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. - 2017. - №47. - С. 288-294.
6. Беззубцева М.М., Волков В.С. Механоактиваторы агропромышленного комплекса. Анализ, инновации, изобретения: монография. – СПб.: СПбГАУ, 2014. – 176 с.
7. Беззубцева М.М., Волков В.С., Обухов К.Н., Котов А.В. Энергетическая теория способа формирования диспергирующих нагрузок в электромагнитных механоактиваторах // Фундаментальные исследования. - 2014. - №12-б. - С. 1157-1161.
8. Волков В.С. Электромагнитный измельчитель // Патент России № 84263, 2009.
9. Беззубцева М.М., Волков В.С. Методология исследований способа электромеханического диспергирования: Монография. – СПб.: СПбГАУ, 2021. – 189 с.
10. Беззубцева М.М., Волков В.С. К вопросу изучения контактных взаимодействий ферротел в электромагнитных механоактиваторах с измельчаемым продуктом // Современные наукоемкие технологии. - 2018. - №3. - С. 14-18.

© Беззубцева М.М., Волков В.С., 2023

Научная статья
УДК 681.5

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ НА МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Андрей Алексеевич Бондаренко¹, Сергей Владимирович Вендин²

^{1,2}Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, п. Майский, Россия

¹elark@mail.ru

Аннотация. В статье приводятся результаты исследований по разработке компьютеризированной системы мониторинга и управления параметрами микроклимата на мясоперерабатывающих предприятиях.

Ключевые слова: мясоперерабатывающее предприятие, микроклимат, мониторинг, управление.

Для цитирования: Бондаренко А.А. Разработка функциональной схемы системы мониторинга и управления микроклиматом на мясоперерабатывающих предприятиях / А.А. Бондаренко, С.В. Вендин // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV. Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова - Саратов: ФГБОУ ВО; Вавиловский университет, 2023.

Original article

DEVELOPMENT OF A FUNCTIONAL DIAGRAM OF A SYSTEM FOR MONITORING AND MICROCLIMATE CONTROL AT MEAT PROCESSING ENTERPRISES

Andrei Alekseevich Bondarenko¹, Sergei Vladimirovich Vendin²

^{1,2}Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorina, Maisky village, Russia

¹elapk@mail.ru

Annotation. *The article presents the results of research on the development of a computerized system for monitoring and controlling microclimate parameters at meat processing enterprises.*

Keywords: *meat processing plant, microclimate, monitoring, management.*

For citation: Bondarenko A.A. Development of a functional diagram of a system for monitoring and controlling the microclimate at meat processing enterprises / A.A. Bondarenko, S.V. Vendin // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the XTV National Conference with international participation / Ed. С.М. Bakirova - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. В современном сельскохозяйственном производстве животноводство является одним из лидеров по сравнению с другими отраслями АПК [1]. Согласно статистическим данным в последнее время отмечается существенный рост потребления мясной продукции на внутреннем рынке продовольствия. При этом возрастает доля потребления парной, остывшей и охлажденной мясной продукции. Однако полная реализация произведенной продукции возможна при умеренной стоимости, которая зависит от ее себестоимости [2]. Сохранность продукции также является важным фактором эффективности производства, которая также влияет на себестоимость продукции. Указанные обстоятельства дают основание полагать, что разработка и внедрение компьютеризованной системы мониторинга параметрами микроклимата на объекте мясоперерабатывающего производства является факторами, позволяющими обеспечить санитарную безопасность продукции, ее сохранность и снизить себестоимость [3-4].

Материалы и методы. Методология исследований предполагала использование методов анализа научной литературы и патентного поиска. При

этом задачи исследований включали: анализ известных технических решений, разработку функциональной схемы приточной вентиляционной установки с учетом возможности мониторинга температуры и влажности на объекте, а также анализ эффективности методов заморозки свиных туш.

Результаты исследования. При разработке системы мониторинга параметрами микроклимата на объекте мясоперерабатывающего производства необходимо осуществлять несколько этапов или уровней.

На первом нижнем уровне определяются количество преобразователей влажности и температуры воздуха, высота их расположения от уровня пола, расстояние от места установки до входной двери.

Следующий (средний) уровень реализации проекта предполагает определение количества точек в объеме помещения для размещения датчиков (преобразователей).

Правильный выбор позиций нижнего и среднего уровня позволяет оптимизировать перечень для закупки необходимого оборудования аналоговых и дискретных модулей, служащих для чтения и архивации значений параметров микроклимата, которые необходимы при управлении системой вентиляции.

Для использования разрабатываемой системы мониторинга необходимой составляющей является система приточно-вытяжной вентиляции. Такая система вентиляции обычно функционирует по принципу создания отрицательного давления путем регулирования производительности вентиляторов [4-7].

Вариант функциональной схемы приточной вентиляционной установки представлен на рисунке 1.

Основные элементы функциональной схемы включают: двигатель вентилятора потока (M1); электропривод жалюзи (M2); КЗР нагревателя (M3); циркуляционный насос (M4); прессостат фильтра 1 (SP1); прессостат вентилятора (SP2); прессостат фильтра 2 (SP3); термостат нагревателя (SK2); Т кан (RK1); Т нар (RK2); Т обр (RK3).

Для обеспечения точности параметров температуры и влажности необходимо иметь достаточное количество преобразователей, а также определить места их установки. В устройстве вывода системы должна быть предусмотрена возможность просмотра Web-визуализации.

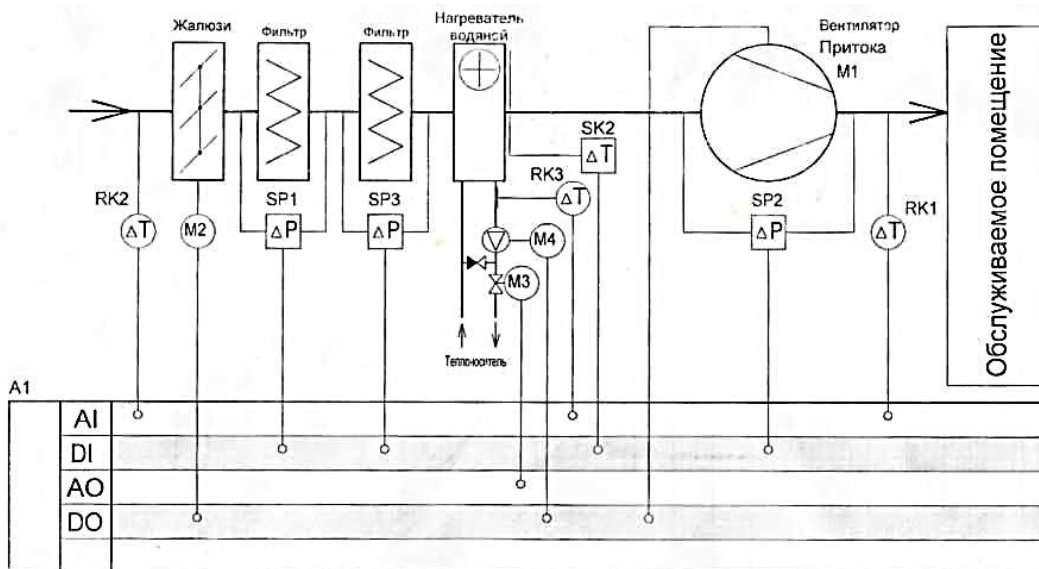


Рисунок 1 – Функциональная схема приточной вентиляционной установки

Для контроллерного оборудования необходимо приобретение интерфейсов RS-485, RS-232, USB, LAN.

Обычно система работает в автоматическом режиме. Ручной режим применяется в условиях наладки или аварии.

На мясоперерабатывающих предприятиях при переработке свиней реализуют два основных метода заморозки. Режимные параметры для этих методов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Режимные параметры методов заморозки туш свиней

Название метода заморозки	Стадия №1			Стадия №2			Стадия №3		
	Время (ч.)	Т (°С)	Скорость воздуха (м/с)	Время (ч.)	Т (°С)	Скорость воздуха (м/с)	Время (ч.)	Т (°С)	Скорость воздуха (м/с)
Датский	1,5	-25	4-10	16	+2	0,5-2	-	-	-
Голландский	0,5	-22	8-10	2	-6	4-6	15	+2	0,5-1

Несмотря на то, что методы являются схожими они отличаются по скорости воздуха и температуре в камере.

Первый (Датский) метод использует меньшие мощности вентиляционной системе за равное количество времени. Кроме того, требуется меньше времени на передвижение полутуш внутри производственных камер. Этот метод можно считать наиболее оптимальным.

При втором методе (Голландский) для сокращения потерь влаги из туши обязательно применение воздушно-капельной технологии охлаждения (ВКО), а это приводит к увеличению затрат.

Заключение. Представлены результаты исследований по разработке функциональной схемы системы мониторинга и управления параметрами микроклимата для мясоперерабатывающего предприятия. Внедрение системы мониторинга является важным фактором, позволяющим обеспечить санитарную безопасность продукции, ее сохранность и снизить себестоимость.

Список источников

1. Рынок мяса России в 2022 году – ключевые тенденции и прогнозы – Agrovesti.net / АПК [Электронный ресурс] URL: <https://agrovesti.net/lib/industries/beef-cattle/rynok-myasa-rossii-v-2022-godu-klyuchevye-tendentsii-i-prognozy.html?ysclid=19fkylxоbc236355084> (дата обращения 10.04.2023.).
2. Себестоимость продукции на предприятии: как рассчитать, за счёт чего снизить (finkont.ru) [Электронный ресурс] URL: <https://www.finkont.ru/blog/sebestoimost-produktsii-na-predpriyatii-kak-rasschitat-za-schyet-chego-snizit/?ysclid=19fljgz0q470239925> (дата обращения 10.04.2023).
3. Санитарные правила для предприятий мясной промышленности СП 3238 85. Россельхознадзор [Электронный ресурс] URL: <https://fsvps.gov.ru/ru/fsvps/laws/4777.html> (дата обращения: 10.04.2023).
4. Вентиляция предприятия мясной промышленности — «ЕвроХолод» [Электронный ресурс] URL: <https://www.airfresh.ru/Ventilyatsiya-predpriyatiya-myasnoy-promyshlennosti.htm> (дата обращения: 10.04.2023).
5. Штокман, Е. А. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности (studmed.ru) [Электронный ресурс] URL: https://www.studmed.ru/view/shtokman-ea-ventilyaciya-kondicionirovanie-i-ochistka-vozduha-na-predpriyatiyah-pischevoy-promyshlennosti_b56d580d960.html (дата обращения: 10.04.2023).
6. Самарин, Г.Н. Энергосберегающая система кондиционирования воздуха для ферм / Г.Н. Самарин // Техника в сельском хозяйстве. 2017. № 4. С. 43.
7. Довлатов, И.М. Автоматизированная система обеспечения микроклимата в птичниках / И. М. Довлатов, Л. Ю. Юферев, В. В. Кирсанов, Д. Ю. Павкин, В. Ю. Матвеев // Вестник НГИЭИ. 2018. № 7 (86). С. 7-18.

© Бондаренко А.А., Вендин С.В., 2023

Научная статья
УДК 621.313

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ УДАРНОЙ МАШИНЫ С АККУМУЛЯТОРНЫМ ПИТАНИЕМ

Волгин Андрей Валерьевич¹, Гончаров Сергей Анатольевич²

^{1,2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹ saratov-79@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6189-9457>

² kaf3e@sgau.ru, <https://orcid.org/0009-0004-9041-9557>

Аннотация. В работе предложен электрический преобразователь с управлением электромагнитной ударной машиной в функции перемещения

якоря, формирующий необходимые для нормальной работы импульсного линейного электромагнитного двигателя униполярные питающие импульсы напряжения и тока.

Ключевые слова: линейный электромагнитный двигатель, электрический преобразователь, ударная машина.

Для цитирования: Волгин А.В. Электрический преобразователь электромагнитной ударной машины с аккумуляторным питанием / А.В. Волгин, С.А. Гончаров // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV национальной конференции с международным участием/ Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

ELECTRIC CONVERTER OF THE ELECTROMAGNETIC STRIKE MACHINE WITH BATTERY POWER SUPPLIED

Andrey Valerievich Volgin¹, Sergey Aleksandrovich Goncharov²

^{1,2}Saratov State Agrarian University N.I. Vavilova, Saratov, Russia

¹ saratov-79@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6189-9457>

² kaf3e@sgau.ru, <https://orcid.org/0009-0004-9041-9557>

Annotation. The paper proposes an electric converter with control of an electromagnetic shock machine in the function of armature movement, which forms unipolar voltage and current supply pulses necessary for the normal operation of a pulsed linear electromagnetic motor.

Keywords: linear electromagnetic motor, electric converter, impact machine.

For citation: Volgin A.V. Electric converter of the electromagnetic strike machine with battery power supplied / A.V. Volgin, S.A. Goncharov // Actual problems of Energy Agro-industrial complex materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. S.M. Bakirova – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. В настоящее время применение импульсных линейных электромагнитных двигателей (ЛЭМД) в приводе ударных машин для погружения стержневых элементов в грунт, ударного бурения неглубоких скважин, динамического зондирования грунтов признано вполне эффективным [1, 2].

Отличительной особенностью ЛЭМД и систем с их использованием является циклический характер электромеханического преобразования энергии, при котором регулярно подаваемые в обмотку двигателя импульсы электрической мощности преобразуются в механическую работу по перемещению якоря и сочлененного с ним рабочего органа [1, 3]. Дискретный характер энергопреобразования делает невозможным непосредственное, напрямую подключение обмотки ЛЭМД к источнику, как, например, у традиционного асинхронного двигателя, и обуславливает необходимость включения между зажимами источника и ЛЭМД специального электрического

преобразователя (ЭП), формирующего питающие импульсы напряжения и тока в каждом энергопреобразовательном цикле ЛЭМД [3].

Питание машины ударного действия с импульсным ЛЭМД при отсутствии электрических сетей переменного тока общего назначения, осуществляется от аккумуляторного источника питания [1].

Материалы и методы. В работе предложен электрический преобразователь с управлением в функции перемещения якоря ЛЭМД.

Анализ опубликованных данных, результаты лабораторных исследований, производственных испытаний показывают, что наибольшая частота ходов рабочего органа электромагнитных машин, их максимальная мощность и производительность обеспечиваются в автоколебательном, близком к резонансному, режиме работы с управлением в функции положения рабочего органа [3, 4]. В отличие от разомкнутых систем управления в функции времени, такая система является замкнутой и имеет обратную связь по положению бойка, которая обеспечивается датчиками, размещенными на двигателе. Достоинством этого способа управления является автоматическая самонастройка ЛЭМД ударной машины на оптимальный режим работы при изменении условий соударения якоря и инструмента, разряженности источника, условий окружающей среды.

Анализ показал, что в этом случае обеспечивается динамический цикл импульсного ЛЭМД с более высоким коэффициентом полезного действия; это позволяет увеличить продолжительность непрерывной работы машины при той же емкости батарей источника. Следует отметить, что при таком способе управления схема электрического преобразователя может быть максимально упрощена и содержать только датчики предельных положений бойка машины, например, контактного типа.

Результаты исследования. Принципиальная электрическая схема аккумуляторного электрического преобразователя с управлением в функции положения якоря импульсного ЛЭМД ударной машины представлена на рисунке 1.

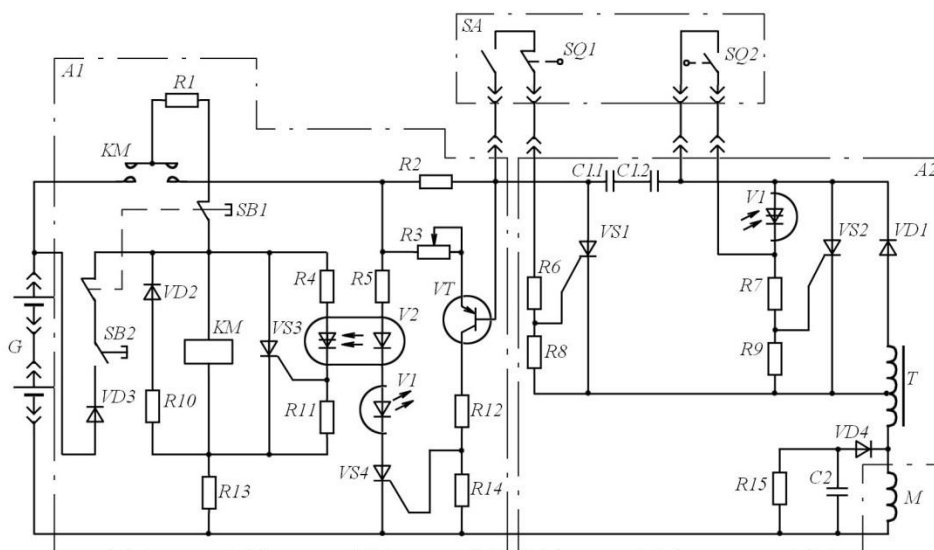


Рисунок 1 – Импульсный преобразователь с управлением в функции положения якоря ЛЭМД

Схема содержит блок защиты (A1) и импульсный прерыватель с устройством управления (A2). Силовые цепи ЭП показаны на схеме утолщенными линиями.

Силовая цепь блока A1 содержит главные контакты контактора КМ и измерительное сопротивление (шунт) R2. Включение производится кратковременным нажатием кнопки "Пуск" SB2, отключение по окончании работы устройства – кратковременным нажатием кнопки "Стоп" SB1. Включение и выключение ЛЭМД осуществляется тумблером SA, установленным на машине. Резистор R1 ограничивает ток в цепи катушки малогабаритного контактора после замыкания его главных контактов КМ и отпускания кнопки SB2.

Для отключения ЭП от источника G при возникновении аварийных режимов служит токовая защита, чувствительным элементом которой является шунт R2. Уставка тока регулируется резистором R3. Благодаря действию этого резистора осуществляется также температурная стабилизация каскада.

Повышение тока в силовой цепи сверх допустимого открывает транзистор VT и в цепи управления тиристора VS4 начинает протекать ток, отпирающий его. Возникает излучение светодиодов оптронных пар V1, V2, отпирающее фототиристоры, включенные в цепи управления вентилей VS2, VS3. В результате последовательно происходят запирающие силовой тиристора VS2 (и прерывание тока от источника) – благодаря отпирающему V1, и механическое размыкание силовой цепи контактором КМ – благодаря включению VS3. Диод VD2 и резистор R10 повышают быстродействие контактора. В цепях блока A2 ЭП показаны включенными элементы ЛЭМД – обмотка M, датчики верхнего SQ1 и нижнего SQ2 положения якоря. Силовые цепи этого блока содержат силовой VS1 и запирающий VS2 тиристоры, автотрансформатор T, диод VD1, коммутирующую емкость C1, а также элементы VD4, C2, R15, образующие контур гашения энергии магнитного поля двигателя.

После нажатия кнопки SB2 и замыкания контактов КМ при включенном тумблере SA на управляющем электроде тиристора VS1 появляется отпирающее напряжение, так как контакт SQ1 датчика верхнего положения замкнут. Тиристор VS1 отпирается и по обмотке M начинает протекать ток. Одновременно через вторичную обмотку автотрансформатора T заряжается коммутирующий конденсатор C1. Ток в обмотке создает магнитное поле, разгоняющее якорь ЛЭМД. Перед ударом якоря по инструменту контакт SQ2 датчика нижнего положения якоря замыкается, формируется сигнал управления тиристором VS2, который отпирается и за счет разряда коммутирующего конденсатора C1 обеспечивает запирающее VS1.

Остаточная энергия магнитного поля двигателя преобразуется в электрическую, частично рекуперированную в источник, а частично рассеиваемую в контуре VD4, C2, R15. Якорь возвращается пружиной в исходное положение, контакт SQ1 датчика замыкается и цикл повторяется.

Конструктивно электрический преобразователь выполнен в виде переносного шкафа, корпус которого сварен из листового алюминиевого

сплава. На торцевой стороне шкафа закреплены две ручки для его переноса, силовые зажимы для подключения источника и ударной машины, кабеля управления от датчиков положения якоря ЛЭМД. На корпусе электрического преобразователя размещены кнопки "Пуск", "Стоп" включения и отключения устройства. Одна из боковых стенок корпуса, на которой закреплены тиристоры $VS1$, $VS2$ имеет внешнее оребрение для улучшения условий теплоотвода.

Заключение. Предложен электрический преобразователь с управлением электромагнитной ударной машиной в функции перемещения якоря, формирующий необходимые для нормальной работы ЛЭМД униполярные питающие импульсы напряжения и тока.

Электрический преобразователь стабилен в работе, реализует необходимый диапазон регулирования выходных показателей, определяемых условиями технологического процесса, обладает помехоустойчивостью и автоматическим отключением источника питания при повреждении ЛЭМД.

Список источников

1. Усанов, К.М. Линейные электромагнитные двигатели и приводы в импульсных процессах и технологиях: монография / К.М. Усанов, В.И. Мошкин, В.А. Каргин, А.В. Волгин. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2015
2. Волгин А.В. / Особенности энергопреобразования в электромагнитных ударных машинах / Усанов К.М., Каргин В.А., Моисеев А.П. – Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 8 (178). с. 174-178.
3. Волгин А.В. / Оценка режимов работы электромагнитных ударных машин / Усанов К.М., Каргин В.А., Моисеев А.П. – Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 10.
4. V.A. Kargin, A.V. Volgin, E.V. Volgina. Automatic Control System of Electromagnetic Vault Down-Faller. 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020, 9271247.

© Волгин А.В., Гончаров С.А., 2023

Научная статья
УДК 621.313

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ С ФОРСИРОВАННЫМ АККУМУЛИРОВАНИЕМ МАГНИТНОЙ ЭНЕРГИИ

Волгин Андрей Валерьевич¹, Гончаров Сергей Анатольевич²

^{1,2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹ saratov-79@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6189-9457>

² kaf3e@sgau.ru, <https://orcid.org/0009-0004-9041-9557>

Аннотация. Рассматривается тиристорный статический преобразователь для управления питаемым от сети переменного тока импульсным электромагнитным двигателем с форсированным аккумулярованием магнитной энергии для увеличения выходных энергетических показателей машины ударного действия

Ключевые слова: линейный электромагнитный двигатель, электрический преобразователь, ударная машина.

Для цитирования: Волгин А.В. Электрический преобразователь для управления импульсным электромагнитным двигателем с форсированным аккумулярованием магнитной энергии / А.В. Волгин, С.А. Гончаров // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV национальной конференции с международным участием/ Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

ELECTRIC CONVERTER FOR CONTROLLING A PULSED ELECTROMAGNETIC MOTOR WITH FORCED ACCUMULATION OF MAGNETIC ENERGY

Andrey Valerievich Volgin¹, Sergey Aleksandrovich Goncharov²

^{1,2}Saratov State Agrarian University N.I. Vavilova, Saratov, Russia

¹ saratov-79@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6189-9457>

² kaf3e@sgau.ru, <https://orcid.org/0009-0004-9041-9557>

Annotation. A thyristor static converter is considered for controlling an AC-powered pulsed electromagnetic motor with forced accumulation of magnetic energy to increase the output energy indicators of a shock-acting machine.

Keywords: linear electromagnetic motor, electric converter, impact machine.

For citation: Volgin A.V. Electric converter for controlling a pulsed electromagnetic motor with forced accumulation of magnetic energy / A.V. Volgin, S.A. Goncharov // Actual problems of Energy Agro-industrial complex materials of the XIV National

Введение. Техническая конкурентноспособность инфранизкочастотных электромагнитных ударных машин – сводообрушителей сыпучих сред в бункерах, маломощных источников сейсмических волн и т.п., - напрямую связана с увеличением выходных энергетических показателей, применяемых в приводе этих машин импульсных линейных электромагнитных двигателей (ЛЭМД). Эффективным способом повышения удельной энергии A_y и КПД редкоударных ЛЭМД служит форсировка процесса аккумуляирования магнитной энергии в индуктивностях машины на этапе трогания при неподвижном якоре [1]. Практическая реализация такого способа обычно обеспечивается специальным, подгружающим противодействующим усилием неподвижный якорь, устройством с релейной характеристикой, например, вспомогательным удерживающим электромагнитом (ЭМУ) (рис. 1). [1,2,4]. При этом, возможность регулирования усилия и, следовательно, выходных показателей ЛЭМД, выгодно отличает электромагнит от механических удерживающих приспособлений.

Материалы и методы. По этому принципу выполнен ЛЭМД, показанный на рис.1. Двигатель содержит общий с устройством нагружения магнитопровод 1 с размещенной внутри обмоткой возбуждения 2 и комбинированным якорем 3, выполненным в форме цилиндра с плоской дисковой частью и возвратную пружину 4. Двигатель также содержит примыкающее к магнитопроводу со стороны дисковой части якоря удерживающее устройство 5, представляющее электромагнит или постоянный магнит. Удержание якоря 1 обеспечивается за счет взаимного магнитного притяжения внешней дисковой части якоря 3 и электромагнита 5, расположенного внутри магнитопровода 1. Электромагнит и магнитопровод жестко связаны между собой таким образом, что любое изменение координаты положения якоря не изменяет первоначальное положение удерживающего устройства.

Однако преимущества электромагнитного удержания реализуются в полной мере, если для питания обеих обмоток применен один источник и обеспечены необходимая последовательность включения и фазовый сдвиг между питающими обмотки ЭМУ и ЛЭМД импульсами напряжения и тока в каждом цикле энергопреобразования.

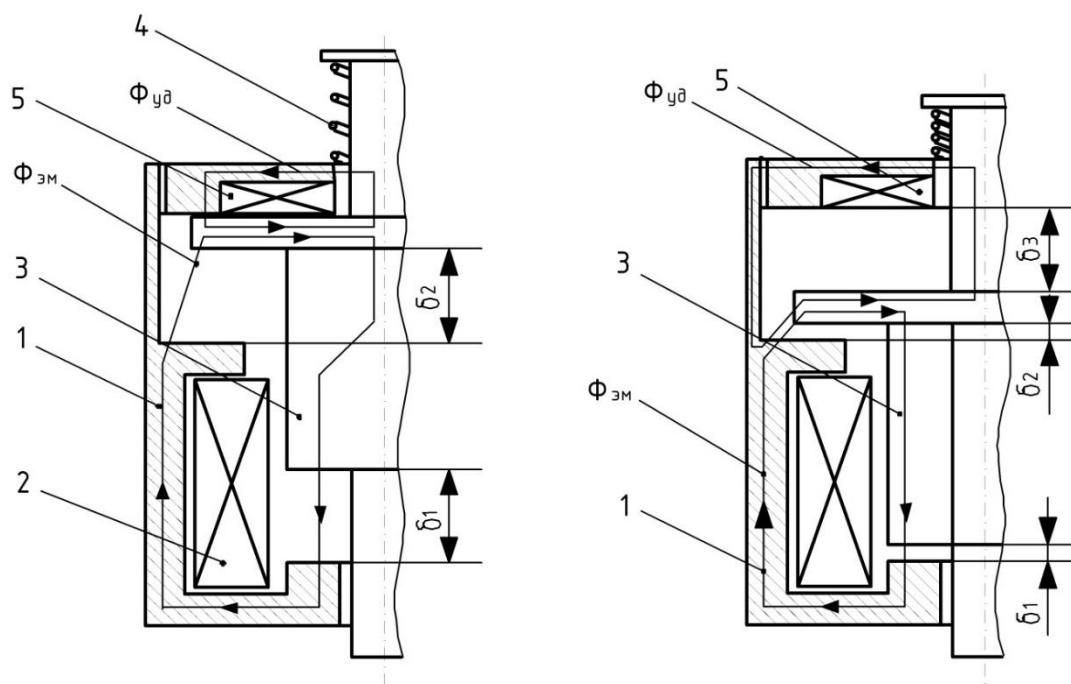


Рисунок 1 – ЛЭМД с автономным устройством удержания

Результаты исследования. В настоящей работе предлагается тиристорный преобразователь для питаемых одной полуволной выпрямленного напряжения сети линейных двигателей небольшой мощности ($A_y < 50$ Дж) с ЭМУ, обеспечивающий требуемый алгоритм.

Принципиальная электрическая схема и временные диаграммы, поясняющие работу устройства, показаны на рис.2,3. Устройство содержит регулируемый и синхронизированный с частотой питающей сети формирователь управляющих импульсов (ФИ); накопительные, с цепями заряда, конденсаторы C_2 , C_3 для формирования тока управления тиристоров $VS1$, $VS2$, нагруженных обмотками ЭМУ (YA1) и ЛЭМД (YA2); селектор-коммутатор отпирающих импульсов для $VS1$, $VS2$ (СКИ); элементы управления режимами работы ЛЭМД (одиночные – непрерывные срабатывания с заданной частотой) SA, SB.

Особенность предлагаемого преобразователя состоит в том, что питание обмоток удерживающего электромагнита и импульсного ЛЭМД осуществляется смежными выпрямленными полуволнами напряжения одного источника (сети), а формирование, регулирование и автоматическая коррекция фазы управляющих импульсов для $VS1$ и $VS2$ при колебаниях питающего напряжения.

При подаче напряжения на входные зажимы преобразователя и исходном положении органов управления (SA, SB) его работу определяют два самостоятельных процесса в блоках ФИ и СКИ.

Через контакты 1-2 элемента SB происходит заряд конденсатора C_2 однополупериодным пульсирующим напряжением выпрямителя VD5 с постоянной времени $\tau_2 = (R_8 + R_9)C_2$ и до значения, определяемого

стабилитроном VD4 (рис.3, г). При этом каждая положительная полуволна (+ в точке а), отпирающая вентиль VD5 и заряжающая C_2 , обеспечивает протекание тока и через светодиод оптрона U3, его излучение и засвечивание фототиристора U3 в течение $t_{н} \approx T/2 = 1/2f$ каждого положительного полупериода напряжения сети (рис.3,ж). Однако фототиристор U3 остается запертым из-за отсутствия положительного напряжения на его аноде.

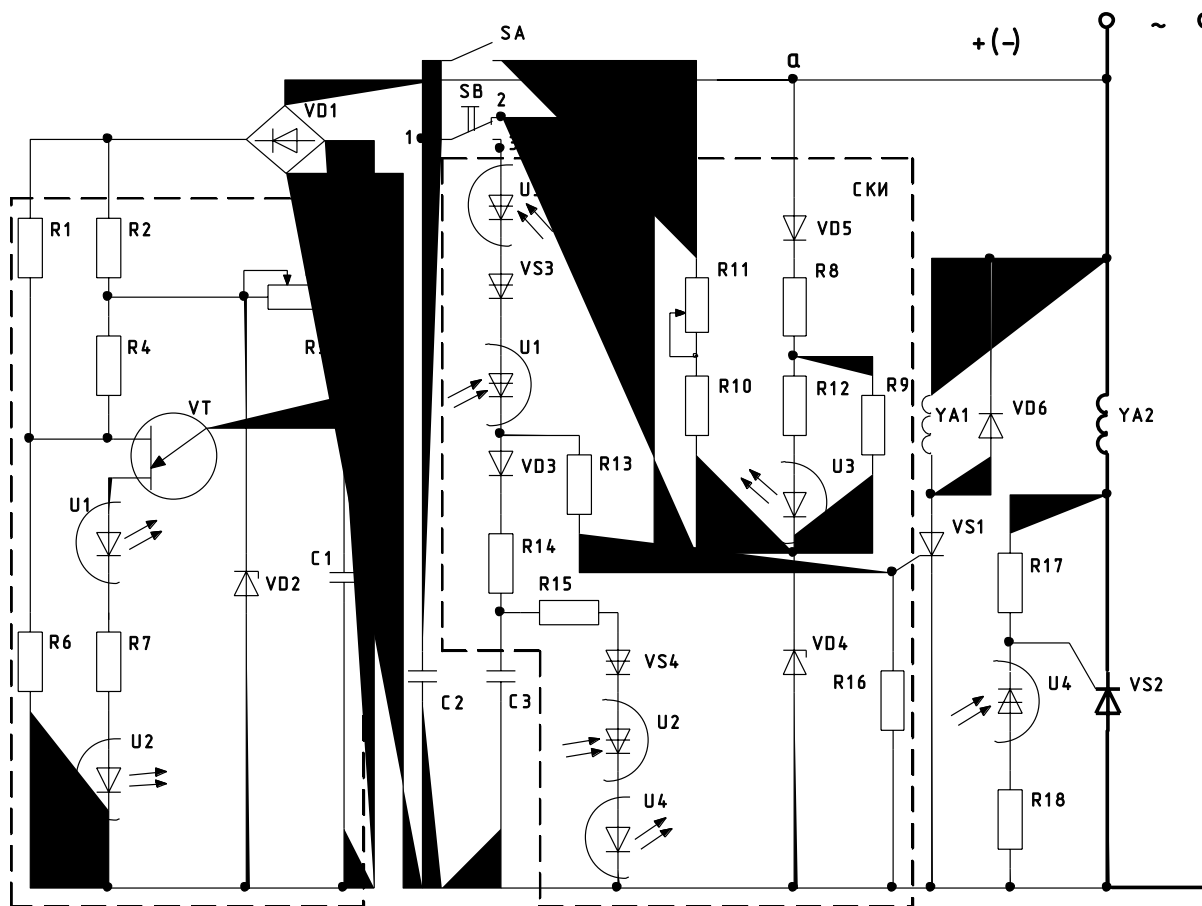


Рисунок 2 – Принципиальная электрическая схема преобразователя

Формирователь импульсов ФИ представляет собой релаксационный генератор на однопереходном транзисторе, питаемый выпрямленным несглаженным напряжением моста VD1, и, помимо транзистора VT, содержит времязадающий конденсатор C1, заряжающийся через резисторы R3, R5 от стабилизатора напряжения на стабилитроне VD2 и резисторе R2. Делитель напряжения R4, R6 определяет междубазовое напряжение $U_{бб}$ транзистора, а резистор R1 обеспечивает зависимость этого напряжения от питающего сети.

Параметры элементов генератора выбраны так, что при любом положении движка R3 заряд конденсатора C1 до напряжения включения транзистора VT и его последующий разряд через VT, резистор R7 и светодиоды оптронов U1, U2, обеспечивающий их кратковременное излучение, происходит один раз в каждом полупериоде напряжения сети (рис. 3, б).

Эти процессы определяют состояние готовности преобразователя.

Режим одиночных ходов якоря ЛЭМД реализуется следующим образом. Замыкание контактов 1-3 SB в произвольный момент времени (например, t_1 ,

рис.3, и) обеспечивает подачу положительного потенциала от заряженного теперь конденсатора $C2$ на цепочку, состоящую из последовательно включенных фототиристоров $U1$, $U3$ и $VS3$, которые при этом остаются запертыми.

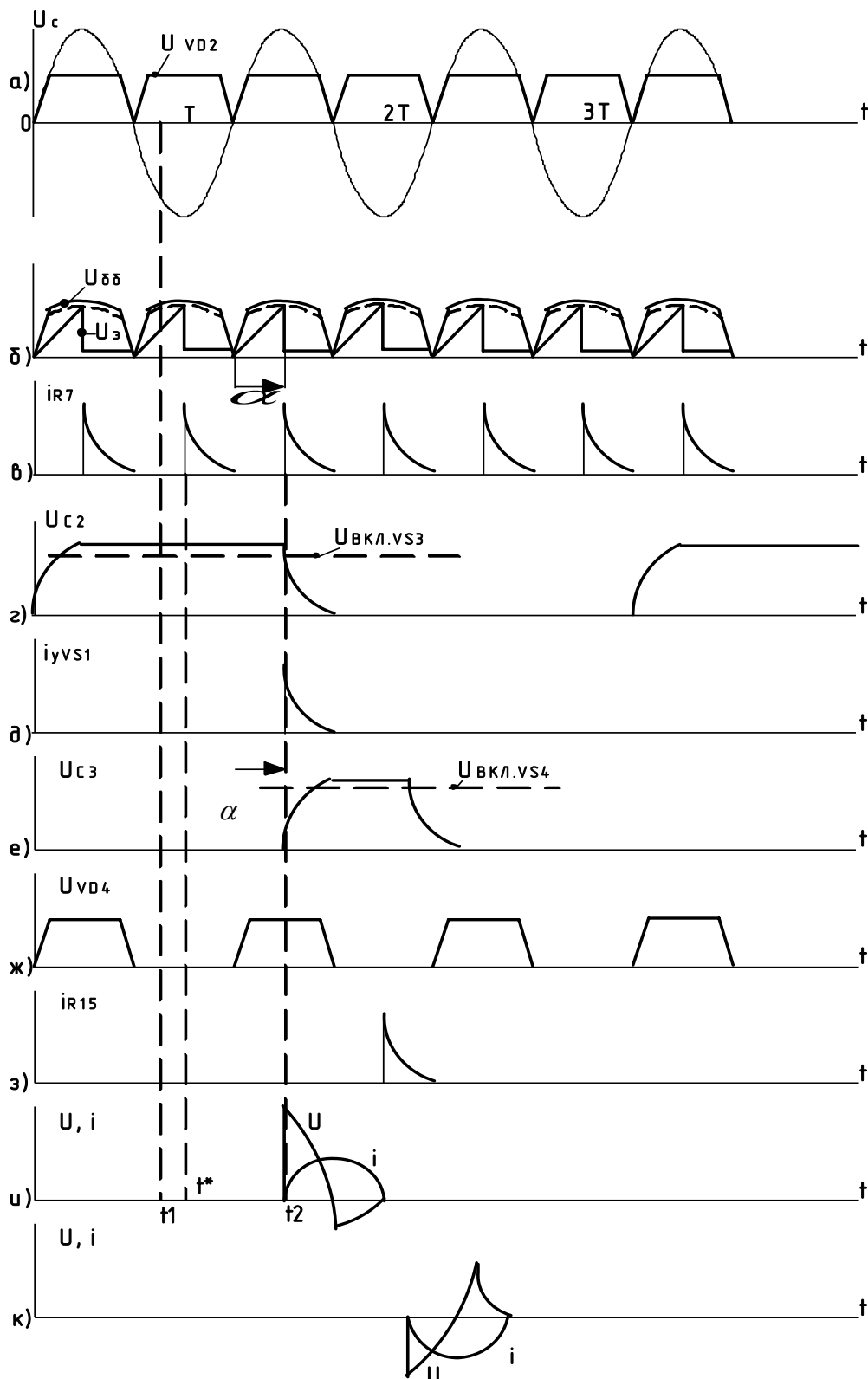


Рисунок 3 – Временные диаграммы преобразователя

Эти условия не выполняются в каждом отрицательном полупериоде питающего напряжения, когда клапан $VD5$ заперт и светодиод $U3$ погашен (например, t^* , рис. 3, в, ж, и) и выполняются в каждом положительном полупериоде, когда $VD5$ проводит ток, а излучение светодиодов $U3$ и $U1$ включает фототиристоры $U1$, $U3$, и $VS3$ и формирует отпирающий импульс тока положительно смещенного тиристора $VS1$ (например, t_2 , рис.3, в, д, ж, и). Поэтому цикл работы преобразователя всегда начинается в первую, после замыкания контактов 1-3 SB , положительную полуволну питающего напряжения, независимо от момента включения SB .

Через обмотку удерживающего электромагнита $YA1$ начнет протекать ток, среднее значение которого зависит от угла управления $VS1$ и определяет усилие удержания ЭМУ. Одновременно через диод $VD3$ и резистор $R14$ током разряда $C2$ заряжается конденсатор $C3$. Постоянная времени цепи $R14C3=\tau_3$ выбирается так, чтобы $4\tau_3 < 0,5T$ и к моменту очередного изменения полярности на аноде $VD5$ конденсатор успел зарядиться до напряжения U_{C3} , превышающего порог включения диода $VS4$, то есть $U_{C3} > U_{вкл\ VS4}$ (рис.3,е).

Следующая за положительной отрицательная полуволна напряжения (– в т.а) запирает тиристор $VS1$, а ток обмотки удерживающего электромагнита, протекавший по $VS1$, коммутируется в диод $VD6$. Поэтому удерживающее усилие ЭМУ продолжает действовать на якорь ЛЭМД еще некоторое время, определяемое запасом магнитной в ЭМУ. Поскольку теперь полярность приложенного к тиристорам $VS2$ и фототиристорам оптрона $U4$ питающего напряжения оказывается прямой, то очередное переключение транзистора VT отпирает фототиристор оптрона $U2$, а разрядный ток конденсатора $C3$ включает оптрон $U4$ и тиристор $VS2$, обеспечивающий подачу питающего импульса в обмотку ЛЭМД. Время $t_{тр}$ и ток $i_{тр}$ трогания, нагруженного противодействующим усилием ЭМУ якоря, возрастают, увеличивая значение запасенной магнитной и механической энергии A_y ЛЭМД. Для повторения цикла работы преобразователя и импульсного ЛЭМД следует отпустить и вновь нажать кнопку SB .

Режим непрерывных ходов якоря линейного двигателя реализуется замыканием контактов SA при нажатой кнопке SB . В этом случае клапан $VD5$ обеспечивает регулярную подзарядку конденсатора $C2$ через резисторы $R8 \div R11$ даже при разомкнутых контактах 1-2 SB . Постоянная времени $(R8 + \dots + R11)C2 = \tau$ определяет интенсивность подзарядки и, следовательно, частоту n ходов якоря ЛЭМД, которую регулируют резистором $R11$.

Регулирующие и стабилизирующие свойства преобразователя определяются следующим образом.

И нагружающее якорь усилие ЭМУ, и механическая энергия A_y в цикле энергопреобразования ЛЭМД зависят от среднего значения напряжения U , питающего обмотку импульса, которое определяется углом управления α тиристоров $VS1$, $VS2$, зависящим от момента включения транзистора VT ФИ, задаваемого вручную переменным резистором $R3$ [1,3]

$$U = \frac{2}{\pi} U_M \frac{1 + \cos \alpha}{2}, \quad (1)$$

где U_M - амплитуда напряжения сети.

Кроме того, охват базовых цепей транзистора VT обратной связью по напряжению сети за счет делителя на резисторах R3, R7 делает этот угол частично обратно зависимым от изменений напряжения сети. Выразив продолжительность заряда времязадающего конденсатора C1 через значение α и параметры элементов схемы релаксационного генератора, определим угол управления [1]

$$\alpha = \frac{360}{T} (R3 + R5) C1 \ln \frac{U_{ИП} - U_{ВЫКЛ}}{U_{ИП} - \eta R6 \frac{U_{ИП} R1 + U_C R4}{R1 R6 + R1 R4 + R4 R6}}, \quad (2)$$

где T - период напряжения сети; $U_{ИП}$ - напряжение питания релаксационного генератора; $U_{ВЫКЛ}$ - напряжение выключения транзистора; η - коэффициент передачи VT; u_C - мгновенное значение напряжения сети.

Заключение. Предложен электрический преобразователь для питаемых одной полуволной выпрямленного напряжения сети линейных электромагнитных двигателей небольшой мощности с ЭМУ, обеспечивающий требуемый алгоритм работы. Соотношение (2) позволяет предварительно оценивать регулировочные и стабилизирующие свойства преобразователя. В частности в получено, что коэффициент стабилизации ФИ с обратной связью по напряжению сети возрастает, в зависимости от глубины обратной связи, в 2-3 раза по сравнению с формирователем без обратной связи. Среднее значение напряжения питающих импульсов регулируется в диапазоне $0,03 \div 0,97$ и вполне соответствует требованиям практики.

Список источников

1. Усанов, К.М. Линейные электромагнитные двигатели и приводы в импульсных процессах и технологиях: монография / К.М. Усанов, В.И. Мошкин, В.А. Каргин, А.В. Волгин. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2015
2. Волгин А.В. / Особенности энергопреобразования в электромагнитных ударных машинах / Усанов К.М., Каргин В.А., Моисеев А.П. – Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 8 (178). с. 174-178.
3. Волгин А.В. / Оценка режимов работы электромагнитных ударных машин / Усанов К.М., Каргин В.А., Моисеев А.П. – Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 10.
4. V.A. Kargin, A.V. Volgin, E.V. Volgina. Automatic Control System of Electromagnetic Vault Down-Faller. 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020, 9271247.

© Волгин А.В., Гончаров С.А., 2023

ФОРМИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ

Вырыханов Денис Александрович¹, Камендровский Илья Алексеевич²

¹Камышинский технологический институт" филиал Волгоградского государственного технического университета, г. Камышин, Россия

²Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, Россия

^{1,2}differentr@mail.ru

Аннотация. В статье приводится аналитическая модель описывающая выражение скорости возрастания электромагнитного момента (усилия) и механической мощности развиваемой электромеханическим преобразователем энергии (вращательного или возвратно-поступательного действия) в зависимости от конструктивных и режимных параметров: скорости возрастания тока, скорости изменения индуктивностей обмоток преобразователя, изменения составляющей противо-ЭДС пропорциональной механической мощности. Предложенная математическая модель может быть применена для анализа электромеханических преобразователей с произвольным количеством взаимодействующих электрических контуров.

Ключевые слова: электромеханический преобразователь энергии, механическая мощность, скорость, электромагнитный силовой момент, электромагнитное усилие.

Для цитирования: Вырыханов Д.А. Формирование импульсных режимов работы электромеханических преобразователей энергии / Д.А. Вырыханов, И.А. Камендровский // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

FORMATION OF PULSE MODES OF OPERATION OF ELECTROMECHANICAL ENERGY CONVERTERS

Vyrykhanov Denis Alexandrovich¹, Kamendrovsky Ilya Alekseevich²

¹Kamyshinsky Technological Institute" branch of Volgograd State Technical University, Kamyshin, Russia

²SARATOV State Technical University named after Gagarin Yu.A., Saratov, Russia

^{1,2}differentr@mail.ru

Annotation. The article presents an analytical model describing the expression of the rate of increase of the electromagnetic moment (force) and the mechanical power developed by an electromechanical energy converter (rotational or reciprocating

action) depending on the design and operating parameters: the rate of increase of the current, the rate of change in the inductance of the converter windings, changes in the counter-EMF component of proportional mechanical power. The proposed mathematical model can be used to analyze electromechanical converters with an arbitrary number of interacting electrical circuits.

Keywords: electromechanical energy converter, mechanical power, speed, electromagnetic torque, electromagnetic force.

For citation: Vyrykhanov D.A. Formation of pulsed modes of operation of electromechanical Energy converters / D.A. Vyrykhanov, I.A. Kamendrovsky // Actual Problems of Agricultural Power Engineering: Materials of the XIV National Conference with International Participation / Edited by S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Максимальная энергетическая эффективность механического воздействия на объект труда обеспечивается при ударном режиме работы. В аграрно-промышленном комплексе востребованы операции рубки, резки различных кормовых смесей. Реализация данных технологических операций производится с помощью электроприводных систем. В связи с этим, построение электромеханических систем ударного действия является актуальной научно-прикладной задачей построения математической модели, описывающей взаимосвязь между функциями механической мощности, развиваемой электромеханическим преобразователем, и динамическими зависимостями режимных (токи, напряжения) и конструктивных (индуктивности) параметров.

Материалы и методы. Решение поставленной задачи проведем на основании анализа выражения производной механической мощности $P_{мех}$, развиваемой электромеханическим преобразователем энергии (ЭМПЭ). Рассмотрим ЭМПЭ в виде совокупности электрических контуров (обмоток), по которым протекает электрический ток и которые могут взаимодействовать между собой, с источниками магнитодвижущей силы в виде постоянных магнитов или формировать электромагнитное усилие по реактивному принципу. При этом, в общем случае, обеспечение максимальной мощности механического воздействия является задачей обеспечения максимальной величины производной от значения механической мощности то есть:

$$\begin{aligned} \frac{dP_{мех}}{dt} &= \frac{d}{dt} \left(i_k L_{kj} \frac{di_{k.мех}}{dt} \right) = \\ &= \frac{di_k}{dt} L_{kj} \frac{di_{k.мех}}{dt} + i_k \frac{dL_{kj}}{dt} \frac{di_{k.мех}}{dt} + i_k L_{kj} \frac{d^2 i_{k.мех}}{dt^2} \rightarrow \max. \end{aligned} \quad (1)$$

где k, j -индексы, обозначающие, соответственно, рассматриваемый электромеханический контур (электрический контур с протекающим в нем током i_k или i_j) и контур с которым он взаимодействует (электрический контур или источник МДС в виде постоянных магнитов); L_{kj} - индуктивность рассматриваемого k -того электрического контура, определяемая отношением

потокосцепления данного контура к току во взаимодействующем с ним электрическим контуром, то есть:

$$L_{kj} = \frac{\Psi_k}{i_j}, \quad (2)$$

при $k = j$ индуктивность L_{kj} - является собственной индуктивностью рассматриваемого электрического контура; $di_{k..mex}/dt$ - производная "механической" составляющей тока [1], формирующая противо-ЭДС $u_{k..mex} = L_{kj}(di_{k..mex}/dt)$, пропорциональную величине механической мощности развиваемой процессами электромеханического преобразования энергии в рассматриваемом k -ом электрическом контуре. Интеграл от величины (1) по всему времени t осуществления процесса электромеханического преобразования в ЭМК позволит найти зависимость $P_{mex} = f(t)$, повторное интегрирование которого по времени – определит полезную выполненную работу ЭМПЭ.

Результаты исследования. Учитывая, что максимальные величины отдельных составляющих выражения (1) в общем случае зависят друг от друга, преобразуем данное выражение, выделив в нем величину «механической» составляющей противо-ЭДС:

$$\frac{dP_{mex}}{dt} = \frac{di_k}{dt} u_{k..mex} + i_k \frac{dL_k}{dt} \frac{di_{k..mex}}{dt} + i_k \frac{du_{k..mex}}{dt}. \quad (3)$$

В выражении (3) пренебрегая величиной второго порядка малости $i_k \frac{dL_k}{dt} \frac{di_{k..mex}}{dt}$, получим:

$$\frac{dP_{mex}}{dt} = \frac{di_k}{dt} u_{k..mex} + i_k \frac{du_{k..mex}}{dt}. \quad (4)$$

Максимальное значение производной тока $\frac{di_k}{dt}$ ограничивается параметрами переходного процесса возрастания тока в цепи содержащей индуктивность [2]:

$$\begin{cases} i_k = I_k (1 - e^{-\frac{R_k t}{L_k}}); \\ \frac{di_k}{dt} = \frac{I_k R_k}{L_k} e^{-\frac{R_k t}{L_k}}, \end{cases} \quad (5)$$

и не может достигать значений, превышающих величину $\max\left(\frac{di_k}{dt}\right) = \frac{I_k R_k}{L_k}$.

Максимальное значение тока ограничивается его установившимся значением: $\max(i_k) = I_k$. Максимальная величина механической составляющей противо-ЭДС для двигательного режима преобразования энергии в ЭМК, согласно закону Кирхгофа для электрического контура, определится величиной $\max(u_{k..mex}) = IR_k - i_k R_k = R_k (I_k - i_k)$. Скорость изменения механической составляющей противо-ЭДС зависит от особенностей режима

электрохимического преобразования энергии, в том числе от баланса внешних сил или моментов действующих на якорь или ротор ЭМК.

Определим величину механической составляющей противо-ЭДС через параметры механической подсистемы ЭМК:

$$u_{\text{мех}} = \frac{M_{\Sigma}}{i_k} \frac{d\delta}{dt}, \quad (6)$$

где $M_{\Sigma} = M_j - M_{\text{comp}}$ - суммарный электромагнитный момент приложенный к ротору ЭМК, равный разности развиваемого ЭМК электромагнитного момента M_j и противодействующего движению ротора ЭМК момента M_{comp} , отнесенные к рассматриваемому j -му электрическому контуру. Производная от (6) по времени имеет выражение:

$$\frac{du_{\text{мех}}}{dt} = \frac{M_{\Sigma}}{i_k} \frac{d^2\delta}{dt^2} + \frac{1}{i_k} \frac{d\delta}{dt} \frac{dM_{\Sigma}}{dt} - \frac{M_{\Sigma}}{i_k^2} \frac{d\delta}{dt} \frac{di_k}{dt}. \quad (7)$$

Определяя максимальные составляющие выражения (4) через (5 – 7), получим:

$$\frac{dP_{\text{мех}}}{dt} = \frac{di_k}{dt} \frac{M_{\Sigma}}{i_k} \frac{d\delta}{dt} + i_k \left(\frac{M_{\Sigma}}{i_k} \frac{d^2\delta}{dt^2} + \frac{1}{i_k} \frac{d\delta}{dt} \frac{dM_{\Sigma}}{dt} - \frac{M_{\Sigma}}{i_k^2} \frac{d\delta}{dt} \frac{di_k}{dt} \right), \quad (8)$$

или, после сокращения, получаем известное выражение, подтверждающее верность данного этапа анализа:

$$\frac{dP_{\text{мех}}}{dt} = M_{\Sigma} \frac{d^2\delta}{dt^2} + \frac{d\delta}{dt} \frac{dM_{\Sigma}}{dt} = \frac{d}{dt} \left(M_{\Sigma} \frac{d\delta}{dt} \right). \quad (9)$$

Выражая из (7) производную по времени от суммарного момента, после преобразования получим:

$$\frac{dM_{\Sigma}}{dt} = i_k \frac{\partial u_{\text{мех}}}{\partial \delta} + M_{\Sigma} \left(\frac{\frac{di_k}{dt}}{i_k} - \frac{\frac{d^2\delta}{dt^2}}{\frac{d\delta}{dt}} \right). \quad (10)$$

Выражение (10) определяют влияние на величину скорости изменения суммарного электромагнитного момента приращений конструктивных и режимных параметров ЭМК, в том числе:

- конструктивная составляющая скорости изменения суммарного электромагнитного момента определится скоростью изменения механической составляющей противо-ЭДС, наблюдаемой при работе ЭМК, от пространственной координаты:

$$\frac{dM_{\Sigma.1}}{dt} = i_k \frac{\partial u_{\text{мех}}}{\partial \delta}. \quad (11)$$

Учитывая, физический смысл механической составляющей противо-ЭДС [1], и ее зависимость от мгновенной величины собственной индуктивности электрических контуров ЭМК, формирование максимальной величины

$\frac{dM_{\Sigma.1}}{dt} \rightarrow \max$ обеспечивается максимальной степенью изменения величины собственной индуктивности при изменении собственной индуктивности рассматриваемого контура ЭМК. То есть наблюдается известное [3] соотношение между величиной скорости изменения мгновенной индуктивности по пространственной координате и величиной электромагнитного момента:

$$M_j \rightarrow \max \text{ при } \frac{\partial L_j}{\partial \delta} \rightarrow \max. \quad (12)$$

- режимная составляющая скорости изменения электромагнитного момента определится разностью отношений скорости изменения тока к его мгновенному значению, и отношения ускорения движения подвижной части ЭМК к скорости данного движения:

$$\frac{dM_{\Sigma.2}}{dt} = M_{\Sigma} \left(\frac{\frac{di_k}{dt}}{i_k} - \frac{\frac{d^2\delta}{dt^2}}{\frac{d\delta}{dt}} \right). \quad (13)$$

Согласно полученного выражения (10) скорость возрастания электромагнитного момента (при пренебрежении в анализе величиной противодействующего момента) прямо пропорциональна току, протекающему в обмотках ЭМК и величине магнитного момента. При этом коэффициентам пропорциональности относительно тока является величина частной производной от механической составляющей противо-ЭДС по пространственной координате $\frac{\partial u_{\text{мех}}}{\partial \delta}$, а коэффициентом пропорциональности относительно величины момента является разность отношений скорости изменения тока к самому значению тока и ускорения движущегося элемента

ЭМК к его скорости: $\frac{\frac{di_k}{dt}}{i_k} - \frac{\frac{d^2\delta}{dt^2}}{\frac{d\delta}{dt}}$.

Анализ выражения (10) позволяет сделать следующие выводы, оказывающие влияние на формирование конструктивных и режимных параметров ЭМК ударного принципа действия:

1) известны варианты построения ЭМК, обеспечивающие предварительное накопление магнитной энергии при удержании подвижного элемента ЭМК электромагнитного типа – ЛЭМД [4 - 7]. На основании (10) режим повышения скорости возрастания электромагнитного усилия в описанных случаях обеспечивается с помощью удержания якоря ЛЭМД, при котором величина усилия, действующего на якорь, была равна нулю за счет силы реакции опоры удерживающей якорь и повышения тока до некоторой величины, при которой якорь ЛЭМД начинает движение;

2) известны варианты построения ЛЭМД, обеспечивающие накопление магнитной энергии при холостом ходе [8]. В режиме холостого хода якоря

ЛЭМД величина суммарного электромагнитного усилия была отрицательной ($F_j < F_{comp}$, здесь и далее обозначение момента заменено на обозначение усилия, что не требует внесения изменений в ход анализа), а величина тока возрастала ($i_k > 0$), обеспечивая условие $\frac{dF_\Sigma}{dt} < 0$, так как

$$\left| i_k \frac{\partial u_{mex}}{\partial \delta} \right| < \left| F_\Sigma \left(\frac{\frac{di_k}{dt} - \frac{d^2\delta}{dt^2}}{i_k} \right) \right| \quad \text{и}$$

$$F_\Sigma \left(\frac{\frac{di_k}{dt} - \frac{d^2\delta}{dt^2}}{i_k} \right) < 0;$$

3) известны варианты построения ЛЭМД [9], обеспечивающие динамическое накопление энергии магнитного поля во время рабочего хода

якоря, осуществляющееся при выполнении условия $\frac{\frac{di_k}{dt} - \frac{d^2\delta}{dt^2}}{i_k} > \frac{d^2\delta}{d\delta dt}$;

4) установившийся режим работы ЭМК, например, вращательного действия, возможно сформировать при выполнении следующих взаимосвязанных условий:

$$\begin{cases} \frac{dM_\Sigma}{dt} = 0; \\ \frac{d^2\delta}{dt^2} = 0. \end{cases} \quad (14)$$

Подставляя (14) в (10) получим условие обеспечения установившегося режима электромеханического преобразования энергии в ЭМК:

$$0 = i_k \frac{\partial u_{mex}}{\partial \delta} + M_\Sigma \frac{\frac{di_k}{dt}}{i_k}. \quad (15)$$

В машинах с вращательным движением ротора, работающих при неизменной скорости вращения, наблюдается неизменность значений $\frac{\partial u_{mex}}{\partial \delta} = const$, $M_\Sigma = const$, вследствие чего обеспечение данного режима возможно только при использовании синусоидальных функций токов, комплексная сумма которых будет равна нулю. Таким образом, выражение (15) обосновывает возможность создания вращательных машин с двумя и более фазами при условии их питания токами, суммарное значение которых будет равно нулю, то есть питание данных машин должно быть обеспечено в соответствии с выражениями:

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 = (i_1 + i_2 + \dots + i_N) \frac{\partial u_{\text{мех}}}{\partial \delta} + M_{\Sigma} \frac{d}{dt} \frac{(i_1 + i_2 + \dots + i_N)}{(i_1 + i_2 + \dots + i_N)}; \\ i_j = I_m \sin \left(\omega t + (j-1) \frac{2\pi}{N} \right), \quad j \in (1, 2, \dots, N), \end{array} \right. \quad (16)$$

где I_m - амплитудное значение питаемых токов; ω - круговая частота синусоидальных функций изменения питающих токов в обмотках электродвигателя; $N \in (2, 3, \dots)$ - количество фаз электрической машины.

Заключение. Предложена математическая модель описывающая процесс изменения механической мощности ЭМК в зависимости от режимных и конструктивных параметров. На основании выражения (10) максимальное значение скорости возрастания электромагнитного момента, и соответственно, развиваемой механической мощности, может быть обеспечено выполнением следующих условий:

а) конструктивная составляющая приращения электромагнитного момента (11) должно быть максимальной, что достигается оптимизацией конструкции ЭМК по критерию (12). Примером являются ЛЭМД с двумя рабочими зазорами [4, 5, 7 - 14]. Также, важным фактором повышения конструктивной составляющей приращения электромагнитного момента является обеспечения максимальной величины значения тока в обмотках ЭМК.

б) режимная составляющая приращения электромагнитного момента (13) должна быть максимальной, что возможно при следующих режимах:

б.1) при положительной скорости движения подвижного элемента ЭМК (в соответствии с направлением развиваемого электромагнитного момента или усилия), а также минимальным (начальным) значением тока, чему будет соответствовать максимальная скорость его возрастания (в соответствии с (5)). При реализации данного режима наблюдается противоречие с описанным выше условием а), заключающееся в необходимости обеспечить одновременно максимальное значение тока для повышения составляющей скорости изменения момента (11) и обеспечить минимальное значение тока для повышения составляющей (13) скорости изменения момента;

б.2) при отрицательной скорости движения подвижного элемента ЭМК (против направления развиваемого электромагнитного момента или усилия), но положительном ускорении данного движения. Данный режим наблюдается при работе электромагнитных демпферов, а также описан при работе реактивных ЭМК – ЛЭМД с накоплением энергии на холостом ходу якоря [8].

Построение ЭМК, с импульсным воздействием на объект труда, требует выполнения обозначенных условий на каждом периоде движения подвижного элемента, что становится возможным исключительно для управляемых ЭМК с предварительным накоплением энергии, рекуперацией искусственного характера.

Список источников

1. Вырыханов, Д. А. Анализ взаимосвязей электрических контуров в обобщенном электромеханическом преобразователе энергии / Д. А. Вырыханов, Г. Г. Угаров – Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2015. – № 3. – С. 33–37.
2. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники / Л. А. Бессонов. – Москва: Гардарики, – 2002. – 486 с.
3. Иванов-Смоленский, А. В. Электромагнитные силы и преобразование энергии в электрических машинах: Учеб. пособие для вузов по спец. "Электромеханика" / А. В. Иванов-Смоленский. – Москва: Высшая школа, 1989. – 312 с.
4. Мошкин, В. И. Повышение удельных силовых показателей импульсных линейных электромагнитных двигателей с комбинированным якорем и двумя рабочими зазорами / В. И. Мошкин, Г. Г. Угаров – В книге: Импульсные линейные электрические машины. – Новосибирск: Издательство ИГД СО РАН, 1991. – С. 50–56.
5. Нейман, В. Ю. Линейные электромагнитные двигатели с многократным использованием магнитного потока / В. Ю. Нейман, Г. Г. Угаров – В книге: Импульсный электромагнитный привод. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1988. – С. 110–117.
6. Нейман, В. Ю. Анализ процессов энергопреобразования линейных электромагнитных машин с аккумулярованием магнитной энергии в динамических режимах / В. Ю. Нейман – Электротехника. – 2003. – № 2. – С. 30–36.
7. Угаров, Г. Г. Импульсные линейные электромагнитные двигатели с повышенными силовыми и энергетическими показателями: специальность 05.09.01. "электромеханика и электрические аппараты": диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Угаров Геннадий Григорьевич ; Уральский ордена трудового красного знамени политехнический институт им. С. М. Кирова. – Новосибирск, 1993. - 492 с.
8. Угаров, Г. Г. Рабочий цикл электромагнитной ударной машины с аккумулярованием магнитной энергии в период холостого хода / Г. Г. Угаров, К. М. Усанов, В. Ю. Нейман – Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1997. – № 3. – С. 76–80.
9. Нейман, В. Ю. Способ управления электромагнитным двигателем с динамическим аккумулярованием магнитной энергии / В. Ю. Нейман, Г. Г. Угаров – Актуальные проблемы электронного приборостроения. АПЭП-2000: Труды пятой Междунар. научно-технической конференции – Новосибирск: Издательство НГТУ, 2000. – Т. 7 – С. 168–170.
10. Массад, А. Электромеханическое преобразование энергии в ЛЭМД / А. Массад, Г. Г. Угаров, И. М. Хусаинов – Новые технологии на железнодорожном транспорте и в образовании. – Саратов: Издательство СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2001. – С. 128–132.
11. Нейман, В. Ю. О максимальной скорости движения якоря в линейном электромагнитном преобразователе с продольным магнитным потоком / В. Ю.

Нейман, Г. Г. Угаров – Электроснабжение, энергосбережение, электрификация и автоматизация предприятий и речных судов. – Новосибирск: Издательство НГАВТ, 2001. – С. 64–67.

12. Ряшенцев, Н. П. Электромагнитные прессы / Н. П. Ряшенцев, Г. Г. Угаров, А. В. Львицин. – Новосибирск: Наука, 1978. – 210 с.

13. Ряшенцев, Н. П. Электропривод с линейными электромагнитными двигателями / Н. П. Ряшенцев, Г. Г. Угаров, В. Н. Федонин [и др.]. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1981. – 348 с.

14. Угаров, Г. Г. Энергетические показатели линейного электромагнитного двигателя в режиме энергопреобразования при постоянном потокосцеплении / Г. Г. Угаров, К. М. Усанов, А. В. Волгин, В. А. Каргин – Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологии: Труды всероссийской научно-технической конференции. – Тольятти: ТГУ, 2004. – С. 27–30.

© Вырыханов Д.А., Камендровский И.А., 2023

Научная статья

УДК 631.21

СРАВНЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ЭТАПОВ ВОДОПОДАЧИ И ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЦЕССА ОРОШЕНИЯ

Сергей Сергеевич Елисеев¹, Аркадий Викторович Ключиков², Юрий Николаевич Гречечук³

^{1,2,3}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹S10Z@ya.ru

²krok9407@mail.ru

³yuri@grepechuk.ru

Аннотация. В работе приводятся структурная схема орошения, Энергопотребление «Мелиомаш - Каскад» (10 секций), Энергопотребление ДМ T-L Irrigation (10 секций), сравнение энергозатрат водоподачи и водораспределения.

Ключевые слова: дождевальная машина, водоподача, водораспределение, орошение, энергозатраты.

Для цитирования: Елисеев С.С. Сравнение энергозатрат этапов водоподачи и водораспределения процесса орошения / С.С. Елисеев, А.В. Ключиков, Ю.Н. Гречечук// Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

COMPARISON OF ENERGY CONSUMPTION OF THE WATER SUPPLY AND WATER DISTRIBUTION STAGES OF THE IRRIGATION PROCESS

Sergei Sergeevich Eliseev¹, Arkady Viktorovich Klyuchikov², Yuri Nikolaevich Grepechuk³

^{1,2,3}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹S10Z@ya.ru

²krok9407@mail.ru

³yuri@grepechuk.ru

Annotation. The paper presents a block diagram of irrigation, Energy consumption "Meliomach - Cascade" (10 sections), Energy consumption of DM T-L Irrigation (10 sections), comparison of energy consumption of water supply and water distribution.

Keywords: sprinkling machine, water supply, water distribution, irrigation, energy consumption.

For citation: Eliseev S.S. Comparison of energy consumption of stages of water supply and water distribution of the irrigation process / S.S. Eliseev, A.V. Klyuchikov, Yu.N. Grepechuk // Actual problems of the energy sector of the agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. SM. Bakirova - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур – одно из приоритетных направлений развития агропромышленного комплекса России [1,6]. Количество осадков в период роста растения – величина непостоянная, учитывая особенности зон рискованного земледелия, возникает необходимость в дополнительном орошении. Для достижения этой цели применяют дождевальные машины, среди которой наиболее распространены электрифицированные дождевальные машины кругового действия (ЭДМКД) [2,3,4].

Материалы и методы. Процесс орошения ЭДМКД является относительно энергозатратным [5,7]. Данный процесс условно разделим на два этапа: подача воды к дождевальной машине и распределение воды машиной по орошаемому участку (рисунок 1, 2). Подача воды к ЭДМКД производится с водоема либо канала. Рядом с водоемом устанавливается головная насосная станция, с которой вода перекачивается на вспомогательную или перекачивающую насосную станцию. От перекачивающей насосной станции вода транспортируется к дождевальной машине. Источниками энергоснабжения на этапе подачи воды к дождевальной машине являются головная насосная станция, а также перекачивающая насосная станция, к тому же необходимо учитывать потери электроэнергии [8,9].

Источниками электроснабжения этапа распределения поливной воды машиной на орошаемом участке являются дизель-генераторная установка, либо централизованная система электроснабжения, как источники электроснабжения дождевальной машины.

Результаты исследования. Энергоемкость этапов подведения и распределения поливной воды различна. Минимальная продолжительность полного оборота машины составляет 17,5 часов.

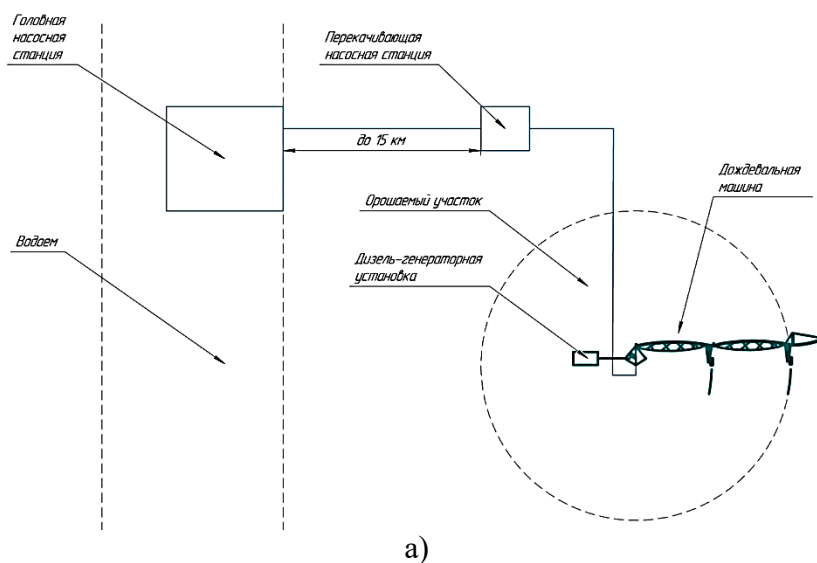


Рисунок 1 – а) Структурная схема орошения; б) – Орошение сельскохозяйственной культуры: 1 – Орошаемый участок, 2 – перекачивающая насосная станция, 3 – водоем

Сведем данные энергопотребления процессов водоподачи и водораспределения современной отечественной ЭМДКД «Мелиомаш – КАСКАД» в таблицу 1.

Таблица 1 – Энергопотребление «Мелиомаш - Каскад» (10 секций)

Показатель	Водораспределение			Водоподача
	Электродвигатель машины	Прибор ПЛ	Дизельный генератор	Электродвигатель насоса
Мощность, кВт	0,55	0,05	10,0	45
Продолжительность работы за сезон, ч	450	450	450	500
КПД	0,96	0,80	0,36	0,72
Потребление энергии, кВт·ч	–	–	4500	22500
Потери энергии, кВт·ч	–	–	3275	–

Для сравнения сведем данные энергопотребления процессов водоподачи и водораспределения современной зарубежной ЭДМКД «Т-L Irrigation» в таблицу 2.

Таблица 2 – Энергопотребление ДМ Т-L Irrigation (10 секций)

Показатель	Водораспределение			Водоподача
	Гидродвигатель (20 шт.)	Систма управления	Дизельный генератор	Электродвигатель насоса
Мощность, кВт	0,025...0,25	0,05	7,5	30
Продолжительность работы за сезон, ч	450	450	450	500
КПД	0,60	0,55	0,36	0,72
Потребление энергии, кВт·ч	1125	225	3375	15000

Как видно из представленных таблиц, наибольшие энергозатраты процесса орошения связаны с этапом подведения воды к дождевальнoй машине. Вид насосного оборудования представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Вид насосного оборудования

Заключение. Таким образом, проанализировав энергозатраты этапов подведения воды к дождевальнoй машине и распределения воды по орошаемому участку, видно, что в 4 раза энергоемкость этапа подведения воды к дождевальнoй машине выше, чем этапа водораспределения. Следовательно, энергосбережение этапа подведения воды к ЭДМКД является актуальной задачей.

Список источников

1. Журавлева, Л.А. Ресурсосберегающие широкозахватные дождевальные машины кругового действия: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / Журавлева Лариса Анатольевна. – Саратов, 2018. – 39 с.
2. Бакиров, С.М. Анализ энергозатрат на дождевальную машину / С.М. Бакиров // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 10. – С. 95–98.
3. Бакиров, С.М. Обоснование мощности подъемно-транспортного электрифицированного агрегата / С.М. Бакиров, С.С. Елисеев // Аграрный научный журнал. – 2017. – № 5. – С. 61–62.
4. Бакиров, С.М. Сравнение нагрузок электропривода опорной тележки на жестких колесах и на колесах с пневматическими шинами / С.М. Бакиров, О.В. Логачёва, М.А. Левин // Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики : сб. статей Национальной (Всероссийской) науч.-практ. конф. / ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ им. Н. И. Вавилова». – Саратов, 2020. – С. 14–18.
5. Абдразаков Ф.К., Журавлева Л.А., Соловьев В.А. Рациональное снижение металлоемкости при конструировании широкозахватных дождевальных машин // Аграрный научный журнал. 2018. №5. С. 37-42.
6. Обоснование показателя эффективности энергоснабжения дождевальной машины кругового действия / Д.А. Соловьев, С.М. Бакиров, Г.Н. Камышова, С.С. Елисеев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 1(87). – С. 158-163. – EDN JFUOPR.
7. Фокин, Б. П. Современные проблемы применения многоопорных дождевальных машин / Б.П. Фокин, А.К. Носов. – Ставрополь, 2011. – 80 с
8. Ерошенко, Г.П. Адаптация эксплуатации электрооборудования к особенностям сельскохозяйственного производства / Г.П. Ерошенко, С.М. Бакиров. – Саратов : ИЦ «Наука», 2011. – 132 с.
9. Ерошенко, Г.П. Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий / Г.П. Ерошенко, Ю.А. Медведько, М.А. Таранов. – Ростов н/Д : Терра, 2006. – 590 с.

© Елисеев С.С., Ключиков А.В., Гречук Ю.Н., 2023

Научная статья
УДК 621.31+631.171

УСТАНОВКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВОДЫ УФ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Виталий Николаевич Заболотный¹, Сергей Владимирович Вендин²

^{1,2}Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, п. Майский, Россия

^{1,2}elapk@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты разработки устройства по УФ обеззараживанию воды. Установка содержит блок очистки воды от механической примесей и блок УФ-обработки. В установке происходит перемешивание слоев воды, что повышает однородность ее обработки.

Ключевые слова: обеззараживание воды, УФ-обработка, очистка от примесей, перемешивание.

Для цитирования: Заболотный В.Н. Установка для обработки воды УФ излучением / В.Н. Заболотный, С.В. Вендин // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV. Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова - Саратов: ФГБОУ ВО; Вавиловский университет, 2023.

Original article

UV WATER TREATMENT UNIT

Vitaly Nikolaevich Zabolotny¹, Sergey Vladimirovich Vendin²

^{1,2}Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorina, Maisky village, Russia

^{1,2}elapk@mail.ru

Annotation. The article presents the results of the development of a device for UV disinfection of water. The plant contains a water purification unit from mechanical impurities and a UV treatment unit. In the installation, the layers of water are mixed, which increases the uniformity of its treatment.

Keywords: water disinfection, UV treatment, purification from impurities, mixing.

For citation: Zabolotny V.N. Installation for water treatment with UV radiation / V.N. Zabolotny, S.V. Vendin // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. С.М. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Известно, что вода является – это основной ресурс обеспечивающий жизнедеятельность человека и многие производственные процессы с сельскохозяйственном производстве. В тоже время вода может быть источником опасности, так как в ней могут находиться вредные микроорганизмы. Следовательно, перед использованием вода должна подвергаться очистке и обеззараживаю [1-4]. Известны различные способы обеззараживания воды, включая и электрофизические способы с использованием ультрафиолетового излучения, суть которого заключается в создании необратимых изменений ДНК и РНК клеток патогенной микрофлоры под действием ультрафиолетового излучения.

В мировой практике при выборе УФ-оборудования применяется поверхностная доза облучения [5]. В России, кроме поверхностной дозы может рассматриваться и объемная доза воздействия (Дж/м³). Применяемые системы водоподготовки с использованием УФ-обеззараживания основаны на принципе многобарьерности в обеззараживании воды [6-8]. При этом используются

несколько технологий, сочетание которых позволяет получить новый результат и устранить недостатки отдельных технологий.

Материалы и методы. Методология исследований предполагала использование методов анализа научной литературы и патентного поиска. При этом задачи исследований включали: анализ известных технических решений, разработку устройства для УФ-обработки воды

Результаты исследования. На основе проведенных исследований была разработана и предлагается конструкция комбинированной установки для УФ обработки воды, представленная на рисунке 1. Установка содержит блок очистки воды от механической примесей и блок для обработки потока воды ультрафиолетовым излучением. В установке происходит перемешивание слоев воды, что повышает однородность ее обработки.

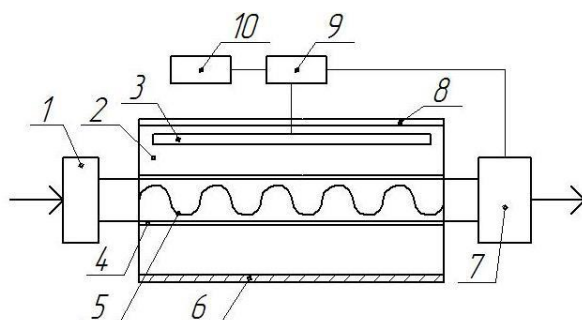


Рисунок 1 – Схема установки для УФ обеззараживания воды: 1 - блок предварительной очистки воды; 2 - блок ультрафиолетовой обработки; 3 – источник УФ излучения; 4 – кварцевая трубка; 5 – винтовой механизм; 6 – отражающий элемент; 7 – электронасос; 8 - отражающий элемент; 9 – блок управления; 10 – блок питания.

Будем придерживаться основной гипотезы, что процент обеззараживания среды определяется поверхностной или объемной дозами УФ облучения. Тогда поверхностная D_F (Дж/м²) или объемная D_V (Дж/м³) дозы УФ облучения с учетом времени обработки τ (с) и удельной мощности P_F (Вт/м²) или P_V (Вт/м³), рассчитываются по формулам:

$$D_F = P_F \tau, \quad (1)$$

$$D_V = P_V \tau. \quad (2)$$

Заметим, что обеспечение удельной мощности воздействия P_F и P_V достаточно просто можно реализовать путем выбора мощности источника ультрафиолетового излучения. В тоже время, экспозиция τ (время обработки) будет определяться способом обработки потока воды - периодически или непрерывно. Некоторые расчетные соотношения по выбору параметров облучения воды в потоке приведены в работе [9].

Представленные формулы позволяют оптимизировать конструктивные параметры устройства с учетом изменяемых и неизменяемых факторов. На рисунке 2 представлена расчетная поверхность расхода Q в при изменении длины L_p и сечения S_p при следующих значениях параметров: $g=9,81$ м/с²; $\rho=1000$ кг/м³; $\tau=10$ с; $\eta_H=0,9$.

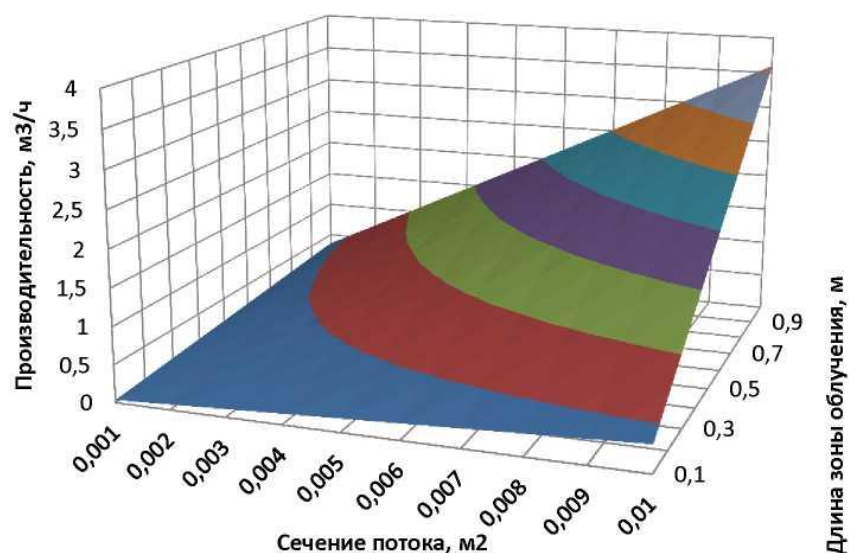


Рисунок 2 – Влияние размеров зоны облучения на производительность устройства

Заключение. Представлена конструкция комбинированной установки по УФ обеззараживанию воды. Установка содержит блок очистки воды от механической примесей и блок УФ-обработки. В установке происходит перемешивание слоев воды, что повышает однородность ее обработки.

Список источников

1. Соколова, Н.Ф. Средства и способы обеззараживания воды/ Н.Ф. Соколова // Медицинский алфавит. Эпидемиология и гигиена. 2013. №1. С. 44-54
2. Абуова, Г.Б. Сравнительная оценка современных методов обеззараживания для водоподготовки /Г.Б. Абухова, В.Р. Ибатуллина // Перспективы развития строительного комплекса. 2017. №1. С.17-21.
3. МУ 2.1.4.719-98 «Санитарный надзор за ультрафиолетовые излучения в технологии подготовки питьевой воды».
4. Томилов, В.В. Совершенствование методики контроля дозы ультрафиолетового облучения воды /В.В. Томилов, О.С. Томилова, П.Б. Сергеев // Омский научный вестник. № 1 (151) 2017. С101-103.
5. Рахманин, Ю.А. Определение унифицированных доз ультрафиолетового обеззараживания воды от бактериального, вирусного и паразитного заражения /Ю.А. Рахманин // Гигиена и санитария. 2019. №98(12). С.1342-1348.
6. Микаева, С.А. Сборка корпусных установок с амальгамными лампами типа УДВ-А для обеззараживания воды ультрафиолетовым излучением / С.А. Микаева, А.С. Микаева, М.И. Бойчук // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2016. № 5. С.28-32.
7. Долгих, П.П., Макулькина Ю.Л. Инновационная система обеззараживания питьевой воды на основе оптических электротехнологий /П.П. Долгих, Ю.Л. Макулькина // Вестник КрасГАУ. 2015. № 8. С. 121-127.
8. Патент 2736990 Российская Федерация, МПК С02F 1/32, С02F 1/36. Устройство для очистки и обеззараживания воды / В.И. Курдюмов, А.А.

Павлушин, А.Ю. Ракова; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ. – Заявка № 2020108719, заявл. 27.02.2020; опубл. 23.11.2020 Бюл. № 33.

9. Вендин, С.В. Установка для обеззараживания воды ультрафиолетовым излучением / С.В. Вендин, В.Н. Заболотный, Ю.Н. Ульяновцев // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2022. № 12. С. 70-74.

© Заболотный В.Н., Вендин С.В., 2023

Научная статья
УДК 631.21

РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ

Наталья Викторовна Земцова¹, Александр Викторович Щегольков²,
Светлана Юрьевна Евдокимова³, Максим Евгеньевич Шиндановин⁴

^{1,2,3,4}Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Россия

¹natasha_paramonova_68@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5274-6133>

²energynano@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4317-0689>

³svetik210102@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-1928-7731>

⁴maksut81@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-3378-1018>

Аннотация. Актуальность разработки новых энергоэффективных технических решений в сфере АПК носит ключевое значение и позволяет масштабировать и улучшать различные технологические процессы. В статье представлены режимные параметры электронагревателей с эффектом саморегулирования температуры: зависимость силы тока от времени при смене уровня питающего напряжения, а также термограмма тепловыделений на поверхности нагревателя. Выявлено значение мощности при переходе с напряжения питания от 10 до 17 В (1 и 27,2 Вт). Используя различное сочетание комбинаций параллельного и последовательного соединения для включаемых секций нагревателей можно изменять мощность от 10 Вт до 10 кВт.

Ключевые слова: электронагреватель, углеродные нанотрубки, саморегулирование температуры, эластомер, композитный материал.

Для цитирования: Земцова Н.В. Режимы работы электронагревателей на основе наномодифицированных эластомеров / Н.В. Земцова, А.В. Щегольков, С.Ю. Евдокимова, М.Е. Шиндановин // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV. Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова - Саратов: ФГБОУ ВО; Вавиловский университет, 2023.

OPERATING MODES OF ELECTRIC HEATERS BASED ON NANOMODIFIED ELASTOMERS

**Natalia Viktorovna Zemtsova¹, Alexander Viktorovich Shchegolkov²,
Svetlana Yuryevna Yevdokimova³, Maxim Yevgenyevich Shindanovin⁴**

^{1,2,3,4}Tambov State Technical University, Tambov, Russia

¹natasha_paramonova_68@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5274-6133>

²energynano@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4317-0689>

³svetik210102@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-1928-7731>

⁴maksut81@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-3378-1018>

Annotation. The relevance of the development of new energy-efficient technical solutions in the field of agroindustrial complex is of key importance and allows to scale and improve various technological processes. The article presents regime parameters of electric heaters with the effect of self-regulation of temperature: the dependence of current intensity on time when changing the level of supply voltage, as well as the thermogram of heat release on the heater surface. The value of power when changing the supply voltage from 10 to 17 V (1 and 27.2 W) has been revealed. Using different combinations of parallel and series connection for switched heater sections it is possible to change power from 10 W to 10 kW.

Keywords: electric heater, carbon nanotubes, temperature self-regulation, elastomer, composite material.

For citation: Zemtsova N.V. Operating modes of electric heaters based on nanomodified elastomers / N.V. Zemtsova, A.V. Shchegolkov, S.Yu. Evdokimova, M.E. Shindanovin // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. C.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Повышение эффективности целого ряда технологических процессов в АПК в первую очередь связано с использованием новых технологий, обладающих повышенной энергетической эффективностью и доступностью как с экономической точки зрения, так и с возможностью технической реализации. Это касается как новых технических решений, так и направления модернизации уже существующих технических систем.

Наиболее эффективно модернизировать такие процессы, как: сушка растительного сырья (вакуумная, вакуумно-импульсная, конвективная), термическая обработка и экстракция растительного сырья. Достижение технической модернизации возможно путем использования новых технических решений в сфере электрообогрева. К таким техническим решениям относится электрообогрев с саморегулированием температуры без использования дополнительного автоматического регулирования.

Модифицирование эластомеров многослойными углеродными нанотрубками (МУНТ) позволяет создавать композиты с функциональными свойствами тепловыделения под действием электрического напряжения с эффектом саморегулирования температуры [1, 2]. При этом композиты с

функциональными свойствами могут быть многофункциональными и использоваться в приложениях автоматического регулирования [3, 4].

Материалы и методы. В качестве эластомера использован двухкомпонентный компаунд (Силагерм 8030). Проводящие добавки: графит с массовой концентрацией 3 мас. % и МУНТ с массовой концентрацией 3 мас. %. Образец нагревателя имел размеры 5x5 см.

Источник питания – ЛАТР с возможностью регулирования напряжения от 2 до 240 В при мощности нагрузки до 1 кВт. Измерения силы тока производились мультиметром UNI-T UT61E+ при разрешении от 0,01μА до 220 μА и погрешности ± (0,5%+10).

Для исследования тепловыделений на поверхности образцов нагревателей использован тепловизор Testo 875-1. Обработка термограмм, полученных в процессе тепловизионных измерений, выполнялась с применением программы «testo IRSoft 4.8».

Результаты исследования. Для образца нагревателя получена зависимость силы тока от времени при смене электрического напряжения с 9,1 В до 12 В и 17 В (рис. 1) и последующего перехода на уровень 10 В. При напряжении 17 В значение силы тока доходит до 1,6 А, что соответствует мощности 27,2 Вт, а для 10 и 12 В – мощность составила 1 и 2,4 Вт соответственно. Данное ступенчатое изменение показывает возможность регулирования мощности нагрева за счет изменения уровня питающего напряжения.

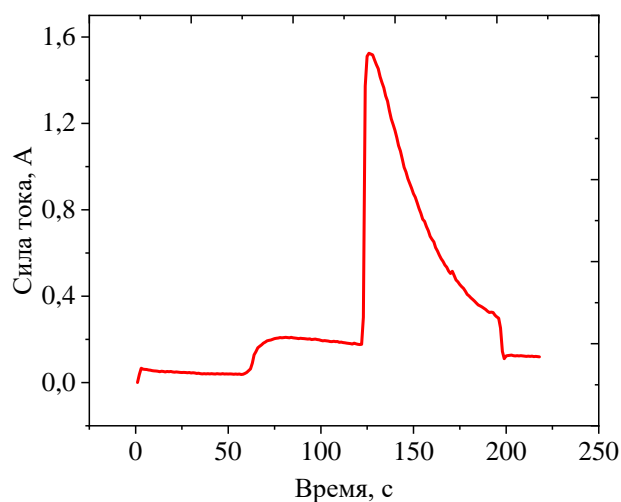


Рисунок 1 – Зависимость силы тока от времени для образца нагревателя при изменении питающего напряжения

Исследование распределения температурного поля для образца нагревателя показано на рисунке 2.

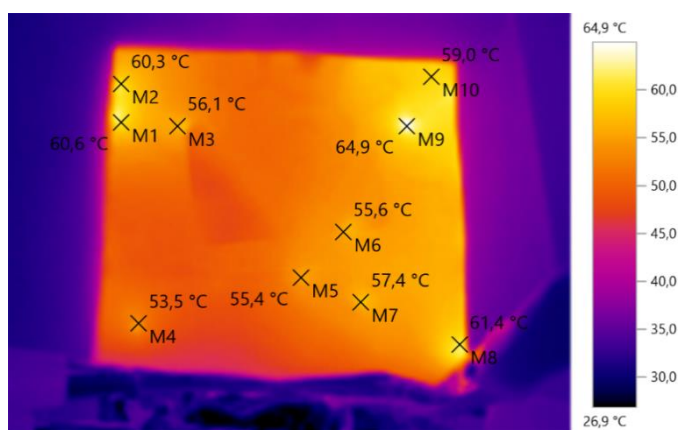


Рисунок 2 – Термограмма образца нагревателя

Нагрев при напряжении 12 В проходил до температуры 64,9 °С, и при этом на поверхности присутствуют точки с температурой от 53,5 °С. Значения показаний точек, в которых проводились измерения, показано в таблице 1.

Таблица 1 – Данные значений фиксированных точек на термограмме (рис. 2)

№	Темп., [°С]	Излуч.	Отраж. темп., [°С]
M1	60,6	0,94	20,0
M2	60,3	0,94	20,0
M3	56,1	0,94	20,0
M4	53,5	0,94	20,0
M5	55,4	0,94	20,0

Возможность управления температурным режимом нагревателя при соблюдении эффекта саморегулирования температуры за счет изменения уровня питающего напряжения позволяет регулировать тепловыделения и задавать оптимальные температурные режимы для устройств электрообогрева, которые могут быть использованы в сфере АПК, а именно в системах конвективной и вакуумной сушки. Используя комбинации параллельного и последовательного соединения из различного количества включаемых секций нагревателей можно изменять мощность от 10 Вт до 10 кВт.

Заключение. Применяя разработанные электронагреватели на основе эластомеров с добавками МУНТ, возможно реализовать ранее недоступные режимные и конструктивные параметры для широкого класса технологических процессов, в которых тепловые потоки создаются тепловыми вентиляторами и инфракрасными излучателями.

Список источников

1. Shchegolkov, A.V. Investigation of heat release in nanomodified elastomers during stretching and torsion under the action of electric voltage / A.V. Shchegolkov, A.V. Shchegolkov, N.V. Zemtsova. – Frontier Materials & Technologies, V. 2. 2022. – pp. 121-132.
2. Щегольков, А.В. Антиобледенительные системы на основе эластомеров, модифицированных углеродными наноструктурами, с эффектом

саморегулирования температуры / А.В. Щегольков, А.В. Щегольков. – Природные ресурсы Арктики и Субарктики, Т. 27, № 1. 2022. – с. 141-151.

3. Земцова, Н.В. Многофункциональные наномодифицированные эластомеры для систем автоматизации и электронагрева / Н.В. Земцова, А.В. Щегольков. – Энергетика будущего - цифровая трансформация: Сборник трудов III всероссийской научно-практической конференции, Липецк, 14–15 декабря 2022 года. – Липецк: Липецкий государственный технический университет. 2022. – с. 170-173.

4. Щегольков, А.В. Электроактивные наномодифицированные эластомеры для систем автоматического управления и тензометрии / А.В. Щегольков, Н.В. Земцова. – Цифровизация агропромышленного комплекса: Сборник научных статей III Международной научно-практической конференции, Тамбов, 25–27 октября 2022 года. Том 2. – Тамбов: Издательский центр ФГБОУ ВО "Тамбовский государственный технический университет". 2022. – с. 102-104.

© Земцова Н.В., Щегольков А.В., Евдокимова С.Ю., Шиндановин М.Е., 2023

Научная статья
УДК 802/809-07

ОРГАНИЗАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ КОММУНИКАЦИИ В ОБУЧЕНИИ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

Иванова Зоя Ивановна¹, Антошина Елена Сергеевна²

^{1,2} Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹ivanovazi@rambler.ru. <https://orcid.org/0000-0001-9885-7931>

²an-lena2005@yandex.ru. <https://orcid.org/0000-0001-6952-8143>

Аннотация. В статье рассматриваются коммуникации для преподавателей и студентов – будущих специалистов – в современных условиях, авторами выделяются актуальные практические аспекты подготовки и использования демонстрационных материалов во время лекций, семинаров, докладов и других презентаций.

Ключевые слова: эффективные коммуникации в образовании, демонстрационные материалы в обучении, практические аспекты подготовки демонстрационных материалов.

Для цитирования: Иванова З.И. Организация эффективной коммуникации в обучении высшей школы / З.И. Иванова, Е.С. Антошина // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

ORGANIZATION OF EFFECTIVE COMMUNICATION IN HIGHER EDUCATION

Ivanova Zoya Ivanovna¹, Antoshina Elena Sergeevna²

^{1,2} Saratov State Agrarian University N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹ivanovazi@rambler.ru. <https://orcid.org/0000-0001-9885-7931>

²an-lena2005@yandex.ru. <https://orcid.org/0000-0001-6952-8143>

Abstract. The article discusses communication for teachers and students – future specialists – in modern conditions, the authors highlight the actual practical aspects of the preparation and use of demonstration materials during lectures, seminars, reports and other presentations.

Keywords: effective communication in education, demonstration materials in training, practical aspects of the preparation of demonstration materials.

For citation: Ivanova Z.I. Organization of effective communication in Higher Education / Z.I. Ivanova, E.S. Antoshina // Actual Problems of Energy Agro-industrial complex: Materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. S.M. Bakirova – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Влияние глобализации на коммуникацию в процессе получения образования выражается в изменении относительной значимости различных каналов коммуникации. Во время научных конференций, лекций, семинаров вербальная (речевая) коммуникация всегда играла большую роль, чем невербальная. Естественно, что и основное внимание при подготовке к конференции, проведению занятия уделялось именно тому, что мы скажем аудитории. Сегодня на пути речевой коммуникации возникают все новые и новые препятствия, которые раньше не встречались столь часто.

Так, на различных международных конференциях официальным языком, как правило, является английский. Это усложняет процесс вербальной коммуникации для участников из неанглоязычных стран. Кроме того, осуществление различных научных проектов в условиях глобализации все чаще требует не только владения иностранными языками, но и взаимодействия специалистов различных областей знаний.

Остро стоит проблема финансирования научных и образовательных проектов. Для этого ученым приходится объяснять чиновникам или представителям коммерческих структур, в чем именно заключается их научная деятельность, какая от нее польза потенциальным спонсорам. Это, прежде всего, касается специалистов в области естественных наук. В рассмотренных примерах речевая коммуникация встречает дополнительные трудности, будь то из-за языковых различий или из-за различий понятийных аппаратов.

Конечно, подобные ситуации встречались и раньше, но сейчас в результате изменений, происходящих в современном мире, они стали не редкостью, а частью повседневной жизни многих преподавателей и ученых. Теперь, когда мы рассмотрели трудности, возникающие в процессе речевой коммуникации в современных условиях, сформулируем главную идею данной работы. В современных условиях, когда передача информации по речевому

каналу затруднена, а необходимость в эффективной коммуникации остается, возрастает роль других каналов коммуникации, в первую очередь – визуальной коммуникации. От того, как будет представлена информация на экране монитора компьютера, напрямую зависит эффективность ее восприятия обучающимися. Если же дистанционное обучение происходит еще и на иностранном языке, значение визуальной коммуникации трудно переоценить.

Материалы и методы. Рост значения визуального канала коммуникации в образовательной и научной деятельности выглядит вполне логичным на фоне ускоряющегося темпа перемен в современном мире. Одной из главных проблем является именно быстрота перемен, а не сами перемены. Кроме темпа перемен, авторы книг по тайм-менеджменту (time-managment) часто указывают на вторую проблему, с которой сталкивается современное общество, а значит и система образования, – огромное количество поступающей информации. Правильное использование визуального канала коммуникации, простых символов и изображений позволяет быстрее и эффективнее усваивать большее количество информации.

В качестве примера достаточно вспомнить системы навигационных, дорожных знаков. Однако не всегда такая система оказывается эффективной. Сравнение систем знаков в аэропортах Германии и Объединенных Арабских Эмиратов, приведенное в одном из номеров журнала «Вещь», показало, что, например, в немецком аэропорту достаточно легко найти нужный путь, а в Эмиратах эти знаки только запутывают пассажира.

Таким образом, построению эффективной визуальной коммуникации надо специально учиться. Она является самостоятельным предметом, подлежащим изучению и преподаванию. Владение им особенно необходимо специалистам в области точных наук (физикам, математикам и др.) для успешной научной и педагогической деятельности. Визуальная коммуникация помогает эффективно донести информацию до аудитории, где речевая коммуникация встречает затруднения.

Однако необходимо помнить, что, несмотря на большое значение визуальной коммуникации, она вовсе не заменяет речевую. Говоря о возрастании роли визуальной коммуникации в образовании, необходимо различать два важных аспекта: первый – построение эффективной визуальной коммуникации преподавателем для улучшения процесса обучения и второй – построение эффективной визуальной коммуникации специалистом в области естественных наук в процессе своей деятельности. В первом случае преподавателю необходимо построить эффективную визуальную коммуникацию, чтобы изучаемый материал был хорошо усвоен обучающимися. Это используется не только при организации дистанционного обучения, но и при подготовке к традиционным формам занятий.

Результаты исследования. Для создания демонстрационных средств можно использовать такие программные продукты, как PowerPoint, Micromedia и др. Презентации – наиболее распространенный вид представления демонстрационных материалов. Эти компьютерные средства обучения особенно интересны тем, что их может создать любой учитель, имеющий

доступ к персональному компьютеру, причем с минимальными затратами времени на освоение средств создания презентаций. Однако создание демонстрационных материалов еще не означает построение эффективной коммуникации.

Далее рассмотрим пути успешного применения визуальных средств, которые не являются еще широко известными. Во втором случае необходимость в эффективной визуальной коммуникации часто возникает, когда специалистам в различных областях необходимо решить общие задачи. Проблему такого взаимодействия называют даже одним из противоречий нового образования. Здесь в качестве примера можно привести деятельность подразделения всемирно известной компании «Panasonic», занимающегося продажей мобильных телефонов в России.

Для успешных продаж сотрудникам необходимо не только самим иметь представление о техническом устройстве мобильных телефонных аппаратов и их уникальных характеристиках, но и уметь грамотно донести эту информацию до покупателя независимо от того, насколько хорошо он разбирается в физике. Возникает проблема взаимодействия специалистов по public relations (PR) с техническими специалистами. Эффективность работы компании зависит от того, сумеют ли они найти общий язык с покупателями и друг с другом. Вербальная коммуникация затруднена из-за различий понятийных аппаратов, областей специализации и должна быть подкреплена передачей информации по другим каналам коммуникации.

Вероятно, что более конкурентоспособным окажется тот технический специалист, который сумеет найти общий язык с покупателями и сотрудниками отделов РК или рекламы, например, с помощью построения эффективной визуальной коммуникации. Аналогичная ситуация возникает, когда ученому для получения финансирования нужно разъяснить суть своей деятельности людям, не связанным с наукой.

Рассмотрим подробнее, что может дать построение эффективной визуальной коммуникации с аудиторией на лекции, семинаре или конференции. Аудитория поймет и запомнит вашу речь лучше, если вы свяжете свои слова с рисунками или любой другой графической информацией, так как тогда ее сможет обрабатывать и правое полушарие. Иллюстрации быстрее, эффективнее и легче запоминаются. Очень важно, чтобы аудитория была внимательна во время лекции, доклада или другого выступления.

Однако ее внимание резко снижается уже в течение первых двадцати минут. В периоды пониженного внимания эксперты по презентациям советуют использовать визуальные средства: плакаты, слайды, фильмы и т.п. Визуальное восприятие является одним из важнейших каналов получения информации. Чтобы сделать презентацию интересной, яркой и запоминающейся нужно построить эффективную визуальную коммуникацию с аудиторией. Это особенно важно для презентации по физике, так как здесь много понятий, которые гораздо легче усвоить, имея дело со схемами и рисунками, чем воспринимая на слух.

Несмотря на полезность визуальных средств и обилие литературы по презентациям, пути их успешного применения не являются общеизвестными. Это отчасти связано со слишком большим количеством информации по данной теме. Многим преподавателям просто некогда исследовать огромный массив литературы по презентациям в поисках действительно полезных рекомендаций. Поэтому мы рассмотрим такое распространенное визуальное средство на презентациях, как слайд (на прозрачной пленке или на экране компьютера). Незнание основных принципов визуальной коммуникации часто приводит к таким ошибкам, как использование слишком большого количества слов на слайдах, недостаточное использование иллюстраций и перегрузка информацией. Очень распространенными являются вербальные слайды. Это слайд, который состоит из законченных фраз или даже текста. Один эксперт назвал такой слайд «убийцей презентации», потому что слова должен передавать спикер, а не визуальное средство. Визуальные средства должны быть действительно визуальными, а не повторять фразы, произносимые спикером.

Слова не являются визуальным средством. Каким образом вербальный слайд вредит презентации? «Во-первых, все люди слышат с одинаковой скоростью, а именно скоростью оратора, а читают с разной, поэтому вы немедленно разбиваете свою аудиторию на группы, которые мысленно находятся вне контакта с вами и друг с другом. Во-вторых, что вы будете говорить пока на экран проецируются слова? Если вы будете повторять слова вслух, то зачем тогда они нужны на слайде? ... Если вы станете говорить что-то другое, не то, что на слайде, то вы грубейшим образом нарушите правила коммуникации, поскольку никому еще не удавалось полноценно воспринимать два различных текста одновременно.

Таким образом, использование вербальных слайдов невыгодно. Старайтесь избегать их. Однако из этого правила существуют и исключения. Оно относится к международным конференциям, где не все участники являются носителями официального языка. Слайды с фразами могут помочь людям понять речь на иностранном языке, когда им что-то неясно. Обычные слайды также часто включают в себя слишком много слов. Слова могут использоваться, чтобы идентифицировать рисунки или описать стадии процесса, но каково бы ни было их назначение, оно не будет выполнено, если их слишком много. Людям либо надоедает их читать, либо им не удаётся слушать ведущего, поскольку они читают, вместо того, чтобы слушать. Основные положения на слайде должны быть выражены настолько кратко, насколько это возможно. Желательно обозначать основные положения речи или части схемы всего одним ключевым словом. Более подробное объединение должно происходить устно. Существует хороший совет: никогда не помещайте на слайд больше слов, чем вы написали бы на футболке. Он не должен содержать текст выступления и заменять оратора. Слайд должен помогать слушателям следовать за речью оратора и понимать ее. Таким образом, чем меньше слов использовано на слайде, тем лучше. Слова и фразы должен произносить спикер.

В отличие от слов иллюстрации используются на слайдах меньше, чем это могло бы быть в соответствии с их полезностью. Под иллюстрацией здесь понимается любое изображение, содержащее необходимую информацию. Чтобы проиллюстрировать идеи не нужно рисовать сложные картины. Достаточно использовать только простые геометрические фигуры, стрелки и линии, комбинируя которые можно проиллюстрировать любую информацию. Например, чтобы выбрать фигуру для иллюстрации, нужно определить число основных идей в речи. Можно использовать как одну фигуру для иллюстрации всех основных положений выступления, так и отдельную фигуру для каждого из них. Если в речи четыре основных положения, можно обозначить их ключевыми словами, расположенными по углам квадрата, или обозначить каждое из них овалом с соответствующим ключевым словом. Можно использовать треугольники, круги, облака и другие фигуры. Существует множество вариантов составления подобных схем. Такое представление материала оказывается эффективным и помогает слушателям понять структуру выступления.

Как быть, если речь имеет много основных положений? Изображать правильный десятиугольник и располагать ключевые слова в его вершинах действительно не очень удобно. Означает ли это, что описанный способ иллюстрации здесь не подходит? Нет. Дело в том, что помещать на одном слайде столько главных идей неэффективно. С точки зрения восприятия гораздо лучше разместить их на нескольких слайдах. Тогда для иллюстрации хватит треугольника, звезды или другой простой фигуры.

Иногда лучше не только обозначить основные идеи ключевыми словами и фигурами, но и показать связи между ними с помощью линий и стрелок. Во время выступления можно будет обращаться к этой схеме, комментируя тот или иной объект на ней, привлекая тем самым внимание аудитории. Преимуществом простых схем, отражающих основные идеи выступления, является простота их создания и восприятия.

Такие иллюстрации считаются одним из лучших способов донесения информации до аудитории. Важно отметить, что при создании иллюстраций к выступлению вовсе не обязательно рисовать фигуры идеальной формы. Некоторое несовершенство в фигурах и линиях часто делают иллюстрацию более живой и запоминающейся, лучше привлекает внимание аудитории. Можно также добавить на слайд трехмерные изображения, нарисованные от руки или созданные с помощью компьютера. Наличие их в демонстрационных материалах очень полезно, например, при рассмотрении строения сложных молекул, генов и различных элементов биофизики. Однако создание трехмерных изображений является более сложным процессом. Применение простых, чем, описанное выше, в большинстве случаев более эффективно с точки зрения соотношения затраченных на подготовку усилий и полученного результата. Таким образом, применение простых изображений – один из лучших способов донести информацию до аудитории.

Приведем несколько чисто технических рекомендаций по пользованию демонстрационных материалов:

- делайте иллюстрации достаточно большими, чтобы при проектировании на экран их можно было разглядеть из любой части помещения;
- линии должны быть четкими и насыщенными, чтобы их было хорошо видно;
- цвет линий и шрифта должен хорошо контрастировать с фоном рисунка, избегайте цветовой маскировки;
- удаляйте лишние детали из рисунка, он не должен быть слишком подробным;
- пишите ключевые слова на слайдах крупными буквами, чтобы они легко читались при проецировании на экран: если возможно, проверьте наличие и готовность оборудования (кодоскопа, проектора) для использования демонстрационных материалов до начала выступления.

Мы заострили внимание на связи слов и иллюстраций на слайдах. Другой важный аспект – организация информации на слайдах, как сделать их понятными для аудитории. Очень часто слайды перегружены информацией. Когда слайд заполнен текстом, схемами и сложными рисунками, он становится бесполезным, так как слушатели оказываются не в состоянии воспринять столь непривлекательно представленную информацию. Становится трудно понять смысл слайда, выделить из представленной информации основные мысли. Сколько же пунктов можно использовать на одном слайде? Чаще всего хорошо использовать около трех базовых утверждений. Можно увеличить число пунктов на слайде до шести, но не более.

Средний человек не может одновременно удерживать в памяти более шести различных объектов. Большее количество тем или пунктов на одном плакате или слайде будет просто отпугивать аудиторию, потому что человек даже не пытается внимательно исследовать информацию, которую не может переварить. Таким образом, рекомендуемый предел количества пунктов на одном слайде – шесть. Если необходимо показать пятнадцать пунктов, попытайтесь разделить их на три-четыре слайда с пятью-тремя пунктами. Лучше использовать много слайдов с тремя пунктами на каждом, чем один слайд с пятнадцатью. Перемена слайдов привлекает внимание. Малое количество информации воспринимается более эффективно.

Таким образом, следует избегать перегрузки слайдов информацией. Нужно помнить, что удобное для изложения и восприятия количество основных положений на слайде – три, а рекомендуемое максимальное число основных положений на одном слайде – шесть.

Заключение. Итак, придя к выводу о пользе овладения мастерством визуальной коммуникации для преподавателей и студентов – будущих специалистов – в современных условиях, мы назвали и рассмотрели наиболее актуальные практические аспекты подготовки и использования демонстрационных материалов во время лекций, семинаров, докладов и других презентаций.

Подводя итог сказанному, выделим главные из приведенных рекомендаций. Во-первых, необходимо помнить, что визуальные средства – это только средства. Они не являются целью презентации. Поэтому не обязательно использовать их всегда. Решение об использовании визуальных средств следует

принимать отдельно по каждой презентации, оценивая время, которое придется затратить на их изготовление, и ожидаемый результат их применения.

Во-вторых, если решение об использовании визуальных средств принято, они должны быть действительно визуальными. Слова не являются визуальным средством и их количество на слайдах должно быть сведено к минимуму. Вместо слов следует использовать больше иллюстраций.

В-третьих, слайды нельзя перегружать информацией. Она должна быть поделена на малые порции, удобные для восприятия аудиторией. Полезно выделять около трех основных пунктов. Не следует помещать на один слайд более шести различных пунктов.

Приведенные рекомендации помогут избежать наиболее распространенных ошибок, связанных с использованием демонстрационных материалов, и построить эффективную визуальную коммуникацию с аудиторией во время презентации.

Список источников

1. Антошина Е.С., Иванова З.И. Инновационные процессы в образовании. Антошина Е.С., Иванова З.И. В сборнике: Аграрная наука и образование: проблемы и перспективы. Сборник статей Национальной научно-практической конференции. Под редакцией Е.Б. Дудниковой. Саратов, 2022. С. 7-11.
2. Иванова З.И., Романова О.В., Солотова Н.В., Антошина Е.С. Развитие профессионализма преподавателей в инновационных процессах образования Иванова З.И., Романова О.В., Солотова Н.В., Антошина Е.С. В сборнике: Развитие социогуманитарного знания в меняющемся мире. Сборник статей по материалам Национальной конференции. Под редакцией Е.Б. Дудниковой, В.Я. Романченко, Н.В. Шалаевой. 2019. С. 120-126.
3. Иванова З.И., Антошина Е.С. Коммуникативная подготовка в условиях поликультурной образовательной системы вуза Иванова З.И., Антошина Е.С. В сборнике: Актуальные проблемы воспитания в образовательном процессе вуза. Сборник статей всероссийской научно-практической конференции. ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ; Под ред. О.М. Поповой. 2016. С. 47-50.

© Иванова З.И., Антошина Е.С., 2023

Научная статья
УДК 697.95

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ОЗОНАТОРОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Матвей Сергеевич Ишутин¹, Владимир Валерьевич Юркин², Дарья Евгеньевна Брюзгина³

^{1,2,3}Государственный аграрный университет северного зауралья, г. Тюмень, Россия

¹ishutin.ms@edu.gausz.ru,

https://www.elibrary.ru/author_items.asp?authorid=1188162

²yrkinvv@gauz.ru, https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=742689

³bryuzgina.de.b23@mti.gausz.ru

Аннотация. В статье будет изучено применение и использование озонных технологий. Использование озона и озонаторов в сельском хозяйстве дает возможность увеличить сроки хранения скоропортящихся продуктов, улучшает санитарно-гигиенические условия производства при дезинфекции помещений. Озон является мощным окислителем и оказывает губительное воздействие на вирусы и микроорганизмы.

Ключевые слова: озон, озонатор, эксплуатация озонатора, сельское хозяйство.

Для цитирования: Ишутин М.С, Применение современных озонаторов в сельском хозяйстве / М.С. Ишутин, В.В. Юркин, Д.Е. Брюзгина // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article.

APPLICATION OF MODERN OZONATORS IN AGRICULTURE

Matvey Sergeevich Ishutin¹, Vladimir Valerievich Yurkin², Darya Evgenyevna Bryuzgina³

^{1,2,3}Agriculture the Northern of the Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russia

¹ishutin.ms@edu.gausz.ru,

https://www.elibrary.ru/author_items.asp?authorid=1188162

²yrkinvv@gauz.ru, https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=742689

³bryuzgina.de.b23@mti.gausz.ru

Annotation. The article will study the application and use of ozone technologies. The use of ozone and ozonators in agriculture makes it possible to increase the shelf life of perishable products, improves sanitary and hygienic conditions of production

during disinfection of premises. Ozone is a powerful oxidizer and has a detrimental effect on viruses and microorganisms.

Key words: ozone, ozonator, ozonator operation, agriculture.

For citation: Ishutin M.S. Application of modern ozonators in agriculture / M.S. Ishutin, V.V. Yurkin, D.E. Bryuzgina // Actual Problems of Energy Agro-industrial complex: Materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. За последние годы применение озона в сельском хозяйстве стремительно развивается благодаря тому, что он обладает окислительными и высокими реакционными способностями и быстрому разложению. Упрощение технологических процессов и производства с применением озона объясняется тем, что он быстро вступает в реакции и окисляет в меньших дозах при благоприятных условиях.

В настоящее время в сельском хозяйстве стали активно использоваться установки для синтеза озона – озонаторы. В сельскохозяйственном производстве они применяются для сушки и хранения овощей, фруктов и зерна, находящихся в хранилищах, борьбы с вредителями и заболеваний растений, предпосевной обработки семян с целью повышения их урожайных свойств.

Материалы и методы. В процессе работы озонатора возможно установить различную концентрацию получаемого озона, в зависимости от поставленных целей и задач. При необходимости в процессе работы озонатора концентрация может достигать 40 мг/м³, ее воздействие может быть сравнимо с открытым огнем и применяется она при заражении помещений особо опасной флорой.

Большие возможности стоят в использовании озонаторов в пищевой промышленности с целью увеличения сроков хранения продуктов, а в особенности скоропортящихся, таких как; фрукты, овощи, свежее мясо, молочная продукция, яйца и т.п.

Эксплуатация озонаторов на мясоперерабатывающих производствах обеспечивает защиту предприятия от плесени и других бактерий, процесс дезинфекции помещений, оборудования и специальных инструментов, борьбу с вредителями и грызунами.

Результаты исследований. Данные устройства успешно используются в сельском хозяйстве для сушки и хранения зерна и защиты растений от заболеваний. При обработке семян озоном происходит снижение поверхностно-семенной инфекции или полное исключение вредителя. Потери урожая из-за болезней растений могут достигать 30-35%, поэтому их нужно защищать с помощью применения озонаторов. Сушка зерна в озоновой среде происходит быстрее примерно в 2 раза и в большей мере препятствует развитию микрофлоры.

Для хранения и транспортировки продуктов и зерна используется транспорт, которому также требуется соответствующая обработка. Влажная уборка и озонирование транспорта позволяет избежать использования

различных химических дезинфицирующих средств, которые неблагоприятно влияют на срок продуктов.

Одним из главных достоинств озона является то, что он не дает нежелательных побочных продуктов, так как неиспользованный озон распадается до атомного кислорода.

Далее будут приведены одни из самых популярных моделей озонаторов в 2023 году. Ozonbox air-100 – модель, являющаяся одной из самых эффективных и производительных, обладающая доступной стоимостью. Это устройство предназначено для избавления от бактерий, посторонних запахов, а также грызунов и насекомых. Его преимущества: позволяет регулировать мощность, безопасность, качество аппарата и производимого озона, мобильность. Основные характеристики: производительность вентилятора озонатора - 1160 м³/час, производительность по озону - 100 г/м³, объем помещения обработки озоном - 3500 час/м³, потребляемая мощность озонатора - 1856 Вт, напряжение питания озонатора - 220 В, габаритные размеры озонатора, Д*Ш*В - 630*400*650 мм, вес озонатора - 31 кг.

Эконау ОЗ-А1000(К) – модель, предназначенная для устранения неприятных запахов в помещении, используется в технологиях хранения, подготовки и переработки сельскохозяйственной и пищевой продукции. Основные характеристики: производительность по озону - 1000 г/час, эффективно обрабатываемый объем воздуха - 25000 м³, потребляемая мощность - 10500 Вт, напряжение питания - 380 В, вес - 325 кг, температурный режим работы - -25...+40 С.

Заключение. Исходя из перечисленных выше методов использование озонаторов и озона в целом, можно сделать вывод, что данные технологии имеют большие перспективы в будущем и будут активно развиваться, и применяться в сельском хозяйстве. Озонирование – экологически чистый метод обработки, не требующий предварительного производства и хранения газа. Этот процесс имеет большое количество преимуществ и обладает экономическим эффектом.

Список источников

1. Авдеева В.Н. Предпосевная обработка семян пшеницы озоном / В.Н. Авдеева, Г.П. Стародубцева, С.И. Любая // Аграрная наука. – 2008. – № 5. – С. 19-20.
2. Баскаков И.В. Преимущества использования процесса озонирования в растениеводстве /И.В. Баскаков, А.П. Тарасенко, Р.Л. Чишко // Наука и образование в современных условиях: матер. науч.конф. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – С. 173-178.
3. Обоснование режимных параметров систем рециркуляции вентиляционного воздуха производственных помещений АПК / Л.Н. Андреев, В.В. Юркин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. - № 4(72). – С. 206-209.

4. Разработка системы удаления вредностей из воздушной среды животноводческих помещений / Л.Н. Андреев, В.В. Юркин // Инновации в сельском хозяйстве. – 2019. - № 4(33). – С. 223-231.

© Ишутин М.С., Юркин В.В., Брюзгина Д.Е., 2023

Научная статья
УДК 66-5

ПРИЧИНЫ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ В АПК И МЕРЫ ДЛЯ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ

Матвей Сергеевич Ишутин¹, Леонид Николаевич Андреев², Матвей Александрович Артамонов³

^{1,2,3}Государственный аграрный университет северного зауралья, г. Тюмень, Россия

¹ishutin.ms@edu.gausz.ru,

https://www.elibrary.ru/author_items.asp?authorid=1188162

²andreevln@gausz.ru, https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=703920

³artamonov.ma.b23@mti.gausz.ru

Аннотация. Электроприводы являются неотъемлемой частью агропромышленного комплекса, их поломки могут привести к порче не только сопутствующего оборудования, но и привести к застою всего производства, а также к авариям. Необходимо уметь принимать меры, чтобы не допустить их неисправности, а также знать как их устранять.

Ключевые слова: привод, электропривод, диагностика, осмотр, звуковой анализ.

Для цитирования: Ишутин М.С, Причины неисправностей электроприводов в АПК и меры для их предотвращения / М.С. Ишутин, Л.Н. Андреев, М.А. Артамонов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article.

CAUSES OF MALFUNCTIONS OF ELECTRIC DRIVES IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX AND MEASURES TO PREVENT THEM

Matvey Sergeevich Ishutin¹, Andrey Nikolaevich Leonidov², Matvey Alexandrovich Artamonov³

^{1,2,3}Agriculture the Northern of the Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russia

¹ishutin.ms@edu.gausz.ru,

https://www.elibrary.ru/author_items.asp?authorid=1188162

²andreevln@gausz.ru, https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=703920

³artamonov.ma.b23@mti.gausz.ru

Annotation. Electric drives are an integral part of the agro-industrial complex, their breakdowns can lead to damage not only of related equipment, but also lead to stagnation of the entire production, as well as to accidents. It is necessary to be able to take measures to prevent their malfunction, as well as to know how to eliminate them.

Key words: drive, electric drive, diagnostics, inspection, sound analysis.

For citation: Ishutin M.S. Causes of malfunctions of electric drives in the agro-industrial complex and measures to prevent them / M.S. Ishutin, L.N. Andreev, M.A. Artamonov // Actual Problems of Energy Agro-industrial complex: Materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Автоматизированные производственные комплексы являются важной составляющей современной промышленности. Они используются в различных областях, начиная от производства автомобилей до производства продуктов питания. Ключевым элементом любого АПК является электропривод, который обеспечивает движение различных механизмов и механизированных систем. Однако, как и любая машина, электропривод может выйти из строя, что может привести к снижению производительности или даже полной остановке производства. Диагностика неисправностей электропривода в АПК является критически важным процессом, который позволяет операторам быстро определить проблемы и принять меры для их устранения.

Существует несколько основных способов диагностики неисправностей электропривода в АПК. Анализ звуковых сигналов является одним из методов диагностики неисправностей электропривода в АПК. Этот метод основан на том, что каждый элемент электропривода издает определенные звуковые сигналы при работе, которые могут изменяться при возникновении неисправностей. При этом, даже небольшие изменения в звуковых сигналах могут свидетельствовать о проблемах в работе привода.

Материалы и методы. Существуют различные алгоритмы и программные продукты для анализа звуковых сигналов, которые могут использоваться для выявления проблем с различными компонентами электропривода. Например, программа “Ptitude Analyst” может использоваться для мониторинга звуковых сигналов и выявления проблем в подшипниках и других механизмах.

Статистические данные подтверждают эффективность метода анализа звуковых сигналов для диагностики неисправностей электропривода в АПК. Например, исследование, опубликованное в журнале "International Journal of Mechanical Sciences" в 2018 году, показало, что анализ звуковых сигналов может использоваться для выявления проблем с подшипниками в электроприводах. В этом исследовании были использованы данные с микрофонов, установленных на корпусах подшипников, и были получены хорошие результаты в выявлении неисправностей.

Также, в 2019 году было опубликовано исследование в журнале "Measurement", в котором была проведена диагностика неисправностей электродвигателей с использованием методов анализа звуковых сигналов. В ходе исследования было обнаружено, что этот метод является достаточно точным и может быть использован для выявления различных типов неисправностей.

Другой метод - визуальный осмотр, который может помочь обнаружить явные признаки износа, повреждения или других неисправностей, таких как ржавчина, трещины или деформации. Этот метод часто используется в сочетании с другими техниками, такими как тепловизионный анализ, который может помочь выявить перегрев и другие аномалии в работе электропривода. Визуальный осмотр является одним из простейших и наиболее распространенных методов диагностики неисправностей электропривода в АПК. Этот метод позволяет операторам визуально оценить состояние различных компонентов привода, в том числе проводов, соединений, контакторов, реле и других механизмов.

Однако, визуальный осмотр может быть ограничен и не всегда позволяет выявить проблемы, которые могут быть невидимыми невооруженным глазом. В этом случае, операторы могут использовать другие методы диагностики, такие как анализ звуковых сигналов или вибрационный анализ.

Несмотря на ограничения, визуальный осмотр все еще является важным и полезным методом диагностики неисправностей электропривода в АПК. Статистические данные подтверждают, что многие проблемы с электроприводом могут быть выявлены при визуальном осмотре.

Например, исследование, проведенное в журнале "Journal of Electrical Engineering & Technology" в 2018 году, показало, что визуальный осмотр может быть использован для выявления многих проблем с электроприводом, включая проблемы соединений и износ компонентов. В этом исследовании были проанализированы результаты диагностики электроприводов, проведенной на промышленных объектах, и были получены хорошие результаты в использовании визуального осмотра для выявления проблем.

Также, другое исследование, опубликованное в журнале "Journal of Mechanical Engineering" в 2020 году, показало, что визуальный осмотр является одним из самых распространенных методов диагностики неисправностей в электроприводах, который может быть использован для выявления различных проблем.

Другой важный метод - это измерение параметров электрического привода, таких как напряжение, ток и частота, которые могут помочь выявить неисправности, связанные с электрическими компонентами, такими как конденсаторы, диоды и транзисторы. Это может помочь операторам быстро выявить проблему и принять меры для ее устранения.

В некоторых случаях может быть полезной диагностика вибраций, которая может помочь выявить неисправности, связанные с механическими компонентами привода. Анализ вибраций может помочь выявить

неправильную установку, износ подшипников, дисбаланс или другие проблемы, которые могут привести к повреждению механизмов.

Для эффективной диагностики неисправностей электропривода в АПК могут использоваться различные инструменты и оборудование. Например, тестеры и измерительные приборы могут помочь быстро выявить проблемы в электрических компонентах привода, тогда как камеры термовизионного анализа могут помочь обнаружить перегрев и другие аномалии в работе электропривода.

Важным аспектом диагностики неисправностей электропривода является также правильная интерпретация результатов. Операторы должны иметь достаточные знания и опыт для того, чтобы определить, какие именно проблемы могут быть связаны с выявленными симптомами. Это может помочь быстро принять меры для устранения проблем и предотвратить возможные аварии или поломки.

Результаты исследований. Электроприводы используются в различных областях промышленности и сельского хозяйства, и могут иметь различные проблемы и неисправности. Рассмотрим некоторые из наиболее распространенных поломок и методы их диагностики:

Износ подшипников:

Износ подшипников является одной из самых распространенных проблем с электроприводами. Она может привести к вибрациям и шуму, а также снижению эффективности и продолжительности эксплуатации привода. Для диагностики этой проблемы, можно использовать вибрационный анализ. Этот метод позволяет операторам измерить уровень вибрации и определить, есть ли проблемы с подшипниками. Согласно данным, опубликованным в журнале "IEEE Transactions on Industrial Electronics" в 2019 году, износ подшипников является причиной около 34% отказов в электроприводах.

Проблемы с проводами и соединениями:

Неисправности, связанные с проводами и соединениями, такие как разрывы проводов или плохие контакты, также являются распространенными. Они могут привести к перегреву и повреждению компонентов электропривода, а также к снижению эффективности работы привода. Для диагностики этой проблемы, можно использовать визуальный осмотр и измерения сопротивления на проводах и соединениях. Согласно данным, опубликованным в журнале "Journal of Electrical Engineering & Technology" в 2018 году, проблемы с проводами и соединениями являются причиной около 22% отказов в электроприводах.

Проблемы с электродвигателем:

Проблемы с электродвигателем могут быть связаны с низким качеством изготовления, перегрузкой, неправильным использованием или необходимостью замены компонентов. Для диагностики этой проблемы, можно использовать анализ звуковых сигналов и тепловую диагностику. Эти методы позволяют операторам определить уровень шума и тепловые отклонения в электродвигателе. Согласно данным, опубликованным в журнале "Applied

Sciences" в 2019 году, проблемы с электродвигателем являются причиной около 19% отказов в электроприводах.

Проблемы с контроллерами:

Проблемы с контроллерами могут включать в себя неисправности в электронных компонентах, ошибки в программном обеспечении или неправильное программирование. Это может привести к ошибкам управления приводом, перегрузке и другим проблемам. Для диагностики этой проблемы, можно использовать визуальный осмотр, тестирование электронных компонентов и анализ программного обеспечения. Согласно данным, опубликованным в журнале "Journal of Engineering and Applied Sciences" в 2018 году, проблемы с контроллерами являются причиной около 15% отказов в электроприводах.

Заключение. Таким образом, диагностика неисправностей электропривода может быть выполнена с помощью различных методов, таких как анализ звуковых сигналов, визуальный осмотр и измерения сопротивления. Каждый метод имеет свои преимущества и ограничения, и выбор метода зависит от конкретной проблемы. Статистические данные показывают, что наиболее распространенными проблемами являются износ подшипников, проблемы с проводами и соединениями, проблемы с электродвигателем и проблемы с контроллерами. Как правило, ранняя диагностика проблем может увеличить продолжительность эксплуатации электропривода и сократить затраты на ремонт.

Список источников

1. А.А. Андреев и А. В. Золотухин. Определение параметров и диагностика электроприводов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016.
2. В. В. Павлов и С. В. Мальцев. Диагностика электродвигателей на основе анализа звуковых сигналов. Вестник Волгоградского государственного технического университета, № 6, с. 68-74, 2012.
3. Повышение продуктивности и энергоэффективности животноводческих предприятий за счет использования системы рециркуляции вентиляционного воздуха с его очисткой и обеззараживанием / В.В. Юркин, В.В. Волков, Б.В. Жеребцов, Л.Н. Андреев // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2013. - № 2(21). С. 87-91.

© Иштуин М.С., Андреев Л.Н., Артамонов М.А., 2023

Научная статья
УДК 631.21

РОБОТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИКОЙ С ГИДРОСТАТИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ

Антон Игоревич Кадухин¹, Юрий Алексеевич Коцарь², Оксана Владимировна Логачёва³

^{1,2,3}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н. И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹antonkaduhin@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0007-4204-3366>

³sgauoksana@mail.ru <https://orcid.org/0009-0004-2906-3141>

Аннотация. В статье приводится анализ низкого обеспечения предприятий АПК современной высокопроизводительной техникой и дефицит квалифицированных кадров. По результатам проведения анализа предложено решение проблемы методом роботизации управления техникой.

Ключевые слова: высокопроизводительная техника, трактор, навигационная система, гидростатическая трансмиссия.

Для цитирования: Кадухин А.И. Роботизированное управление техникой с гидростатической трансмиссией / А.И. Кадухин, Ю.А. Коцарь, О.В. Логачёва // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

ROBOTIC CONTROL OF EQUIPMENT WITH HYDROSTATIC TRANSMISSION

Anton Igorevich Kadukhin¹, Yuri Alekseevich Kotsar², Oksana Vladimirovna Logacheva³

^{1,2,3}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹antonkaduhin@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0007-4204-3366>

Annotation. The article analyzes the low provision of agricultural enterprises with modern high-performance equipment and the shortage of qualified personnel. The article presents the results of the proposed solution of this problem by the method of control robotization.

Keywords: high-performance machinery, tractor, navigation system, hydrostatic transmission.

For citation: Kadukhin A.I. Robotic control of equipment with hydrostatic transmission / A.I. Kadukhin, Yu.A. Kotsar, O.V. Logacheva // Actual Problems of Agricultural Energy: Materials of the XIV National Conference with International Participation / Edited by S.M. Bakirov – Saratov

Введение. Современная социально-экономическая и политическая ситуация в мире предопределяет необходимость ускоренного развития национального сельскохозяйственного производства. Сельское хозяйство является основой продовольственной безопасности страны. Россия исторически является аграрной страной и имеет около 20% мирового количества земель сельскохозяйственного назначения и 55% черноземов. Однако, несмотря на огромный потенциал, существуют факторы, ограничивающие его развитие. В качестве основных факторов следует отметить:

- низкое обеспечение предприятий АПК современной высокопроизводительной техникой;
- дефицит квалифицированных кадров в АПК.

Материалы и методы. Средняя обеспеченность тракторами сельского хозяйства на единицу пашни отстает не только от экономически развитых стран, но и стран “третьего мира”. Так численность тракторов на 1000 га. пашни, в России составляет 3,8 ед., во Франции 77, в Индии 12, в Беларуси 8, в Испании 83. Численность рабочих кадров в занятых в АПК в период с 2000 по 2010 год уменьшилась на 64,9%, при этом наибольшие потери приходятся на кадры механизаторов. При этом наблюдается их старение и снижение квалификации.

Все это влияет как на производительность труда, так и на качество выполняемых работ. Появление новой высокопроизводительной техники требует от механизаторов высокой квалификации. По данным ВИИТИН город Тамбов производительность, при выполнении одних и тех же работ у механизатора с высокой квалификацией до 20% выше, чем у механизатора с низкой квалификацией. Дефицит кадров механизаторов приводит к тому, что в напряженный период полевых работ для эксплуатации современной техники допускаются люди, имеющие первичные навыки ее управления. Одним из направлений выхода из создавшегося положения является разработка новых образцов высокопроизводительной техники, эксплуатация которой не требует механизатора высокой квалификацией, то есть тракторов, имеющих функцию роботизированного управления.

Отечественные сельскохозяйственные тракторы в основном имеют механическую или гидравлическую трансмиссии, роботизированное управление которых весьма затруднительно. Наиболее приемлемой для роботизированного управления является гидростатическая трансмиссия (ГСТ). ГСТ обеспечивает плавное, бесступенчатое изменение тягово-скоростного движения машины в зависимости от условий эксплуатации. Двигатель, при этом работает в режиме постоянной мощности (рис.1).

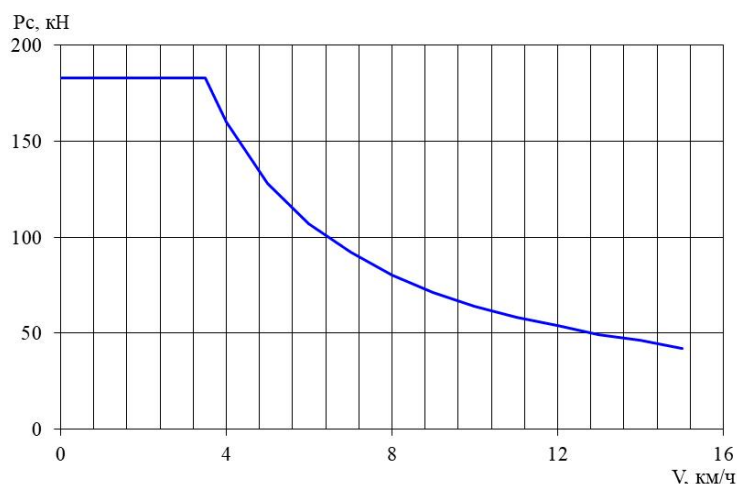


Рисунок 1 – Тягово-скоростная характеристики ГСТ:

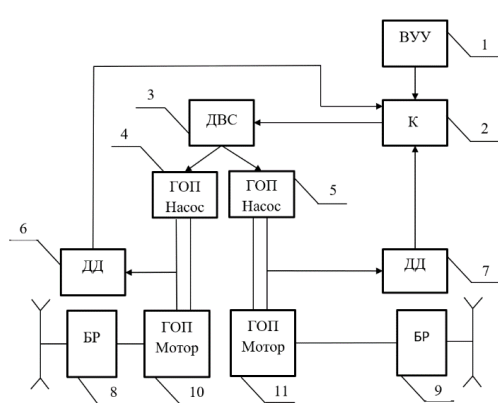
R_c – сила сопротивления движения машины, [кН]; V – скорость движения машины [км/ч].

Управление ГСТ может производиться джойстиком из кабины или дистанционно. ГСТ зарекомендовало себя на промышленных бульдозерах. На барнаульском заводе «АлтайЛесМаш» разработан пилотные образец самосвала на гусеничном ходу с ГСТ (рис. 2), который может быть использован в качестве прототипа сельскохозяйственного трактора.



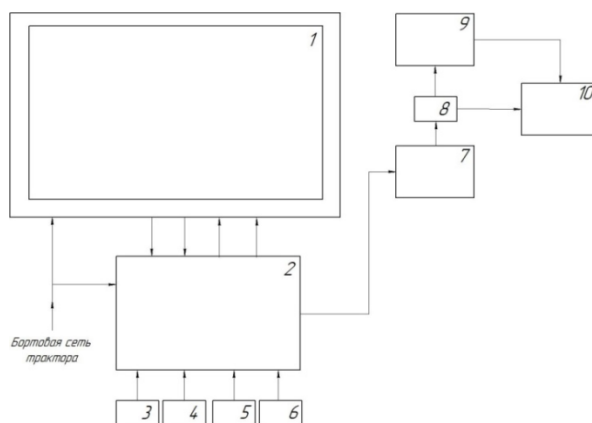
Рисунок 2 – Общий вид самосвала на гусеничном ходу с ГСТ

Управление ГСТ осуществляется следующим образом: при воздействии оператора на джойстик на котроллер(2)(рис.3а) поступает определенный сигнал, который обрабатывается и передается в исполнительную систему ГОП [насос] → ГОП [мотор]. В зависимости от характера сигнала происходит изменение курса движения машины или скорости движения.



а)

1. Внешнее управляющее устройство;
2. Контроллер;
3. Двигатель внутреннего сгорания;
4. Насос левого борта;
5. Насос правого борта;
6. Датчик давления левый борт;
7. Датчик давления правый борт;
8. Левый бортовой редуктор;
9. Правый бортовой редуктор;
10. Левый гидромотор;
11. Правый гидромотор



б)

- 1 – Панель контроллера; 2 – Модуль ввода;
- 3,4 – Расходомеры топлива;
- 5 – Датчик оборотов коленчатого вала двигателя;
- 6 – Датчик ведомой шестерни главной передачи;
- 7 – Роутер;
- 8 – Активная антенна; 9 – Спутник ГЛОНАС (GPS); 10 – Диспетчерский пульт

Рисунок 3 – Принципиальная схема управления ГСТ

Результаты исследования. Недостатком ГСТ при установке на трактор является сложность определения необходимого режима работы в составе агрегата (МТА). Данная задача решается путем установки на трактор телеметрической системы (патент № RU 2748816 С1) телеметрическая система (ТС) (рис.3б) производит мониторинг основных эксплуатационных показателей МТА и контроль оптимального эксплуатационного режима. При подключении ТС к контроллеру ГСТ на нее переходит функция управления тягово-скоростным режимом МТА. В задачу оператора будет входить управление на перегонах и разворотах, а при движении в борозде контроль заданного курса. С подключением системы управления ГСТ к спутниковой навигации при картировании полей местности получает беспилотное управление МТА (рис.4).

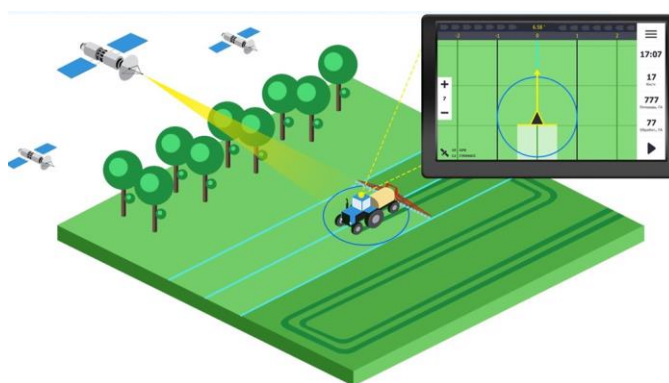
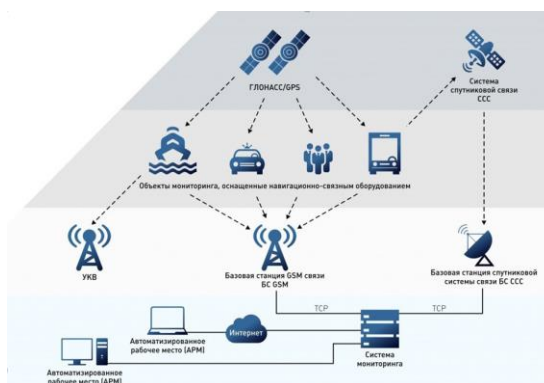


Рисунок 4 – Беспилотное управление МТА

Заключение. В данной статье приводится решение задач по внедрению отечественных технологий для разработки новых образцов высокопроизводительной техники, то есть тракторов, имеющих функцию

роботизированного управления, эксплуатация, которой не требует механизатора высокой квалификацией.

Список источников

1. <https://www.sonar2050.org/publications/deficitnyy-traktor-doklad/>
2. Н.А. Красников Динамика развития АПК зависит от кадрового потенциала: Журнал Профессиональное образование и рынок труда. Спецвыпуск, «АлтерПринт», 2013 г. – с. 18-21.
3. А.А. Полухин Тракторный падеж: Журнал Агротехника и технологии, – 2013, № 3 (31). с. 34-40.
4. <https://www.agroinvestor.ru/markets/news/39673-v-2022-godu-agrarii-snizili-zakupki-selkhoztekhniki/>

© Кадухин А.И., Коцарь Ю.А., Логачёва О.В., 2023

Научная статья
УДК 004.5

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Виталий Александрович Каргин¹, Ростислав Александрович Кравченко²,
Игорь Владимирович Кротов³, Егор Романович Резенов⁴

^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет» (РОСБИОТЕХ)

¹vakargin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3683-0041>

²rostislav.kravchenko.2001@mail.ru

³gor@bk.ru

Аннотация. В настоящей статье приведены некоторые результаты создания интеллектуальной системы с использованием нейросетевых технологий для оценки качества колбасных изделий. Для этих целей предложена система распознавания и классификации продукта, в основе которой используется сверточная нейронная сеть. Приведена предварительная оценка качества нейронной сети.

Ключевые слова: система компьютерного зрения, сверточные нейронные сети, алгоритмы искусственного интеллекта, библиотека OpenCV.

Для цитирования: Каргин В.А. Рекомендации по реализации интеллектуальной системы определения качества колбасных изделий / В.А. Каргин, Р.А. Кравченко, И.В. Кротов, Е.Р. Резенов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

RECOMMENDATIONS FOR THE IMPLEMENTATION OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR DETERMINING THE QUALITY OF SAUSAGE PRODUCTS

Vitaly A. Kargin¹, Rostislav A. Kravchenko², Igor V. Krotov³, Egor R. Rezenov⁴
^{1,2,3}Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH)

¹vakargin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3683-0041>

²rostislav.kravchenko.2001@mail.ru

³gor@bk.ru

Annotation. This article presents some results of the creation of an intelligent system using neural network technologies to assess the quality of sausage products. For these purposes, a product recognition and classification system is proposed, based on a convolutional neural network. A preliminary assessment of the neural network quality is given.

Keywords: computer vision system, convolutional neural networks, artificial intelligence algorithms, OpenCV library.

For citation: Kargin V.A. Recommendations for the implementation of an intelligent system for determining the quality of sausage products / V.A. Kargin, R.A. Kravchenko, I.V. Krotov, E.R. Rezenov // Actual problems of agricultural energy: materials of the XIV National Conference with international participation / Edited by S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Интересами государства выступают, в том числе, обеспечение населения качественной и безопасной пищевой продукцией и развитие производства сырья и продовольствия, соответствующих установленным экологическим, санитарно-эпидемиологическим, ветеринарным и иным требованиям. Поэтому продовольственная безопасность является одним из главных направлений обеспечения национальной безопасности страны и необходимым условием реализации стратегического национального приоритета – повышение качества жизни российских граждан [1].

Материалы и методы. Согласно ГОСТ 5897-90 качество пищевого продукта проверяется по нескольким показателям – физико-химическим, органолептическим и другим. В частности, производство колбасных изделий может сопровождаться определённым процентом брака, связанного с ошибками в технологии производства и проявляющегося в виде дефектов формы колбасного батона либо его цвета [2,3]. При этом, в настоящее время органолептические показатели являются самыми неавтоматизированными процессами в контроле качества пищевой продукции.

Для повышения качества оценки внешней формы, цвета и других характеристик, например, варено-копченых колбас, производимой автоматически в поточной технологической линии, перспективным представляется использование алгоритмов искусственного интеллекта, в том числе, компьютерное зрение и нейросетевые системы управления [4-7]

Программная часть системы имеет возможность выделять объекты на 2D изображении, полученного 2D камерой. Для реализации данного программного обеспечения используются свёрточные нейронные сети CNN [8] (Convolutional Neural Networks), язык программирования Python [9] и библиотека OpenCV, которая работает с камерой, выполняет обработку изображения и т.д.

Результаты исследования. Для тестирования сети, в качестве примера, было взято изображение варено-копченой колбасы (рис.1,а). Предварительно обработав данное изображение библиотекой OpenCV, получаем выходное изображение с выделенным контуром и значениями длины и ширины колбасы (рис.1,б).

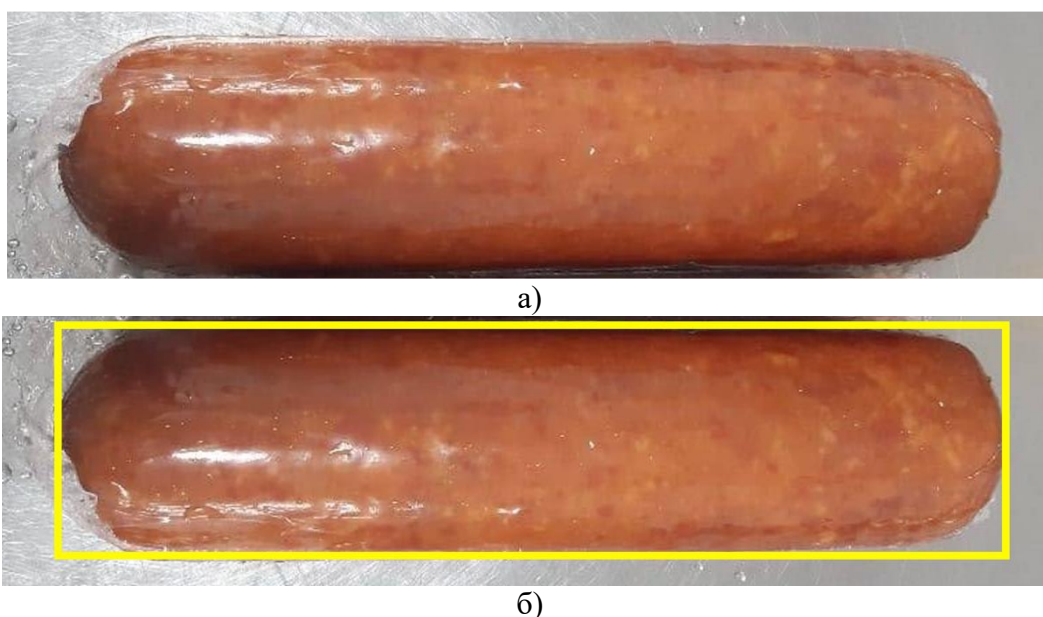


Рисунок 1 – Тестирование сверточной нейронной сети: необработанное (а) и обработанное (б) изображение

Далее происходит разделение на продукт, отвечающий требованиям по органолептическим показателям, и бракованный с нарушением целостности оболочки либо несоответствии цвета. Таким образом задача сводится к бинарной классификации [4-10], реализация которой осуществляется с использованием CNN, в основу которых, аналогично полносвязным нейронным сетям (НС), входят входные, выходные и скрытые слои из нейронов, имеющие веса и смещения (bias).

Сферы применения сверточных нейронных сетей (НС) включают [7,10]:

- работу с изображениями: это способ структурирования визуальной информации, построения так называемой инвариантности - выделения постоянных признаков;
- распознавание объектов по фото;
- работу с аудио и видео и др.

Задача создания НС состоит в том, чтобы правильно подобрать архитектуру и научить нейросеть распознавать уникальные особенности

объектов, и на этом основании классифицировать все подаваемые на вход нейросети изображения.

Таким образом, имея группу сверточных слоев, нейросеть сможет выдать требуемый результат, проведя серию операций по обнаружению определенных элементов изображения (при этом каждый новый слой будет искать признаки более высокого уровня, опираясь на результаты одного или нескольких предыдущих слоев). Последующие слои нейронной сети определяют все более сложные признаки.

Анализ литературных источников [4,5,7,8,10] позволил выявить многообразие архитектур построения свёрточных НС. Наиболее перспективными представляются архитектуры ConvNet, VGG, ResNet и др.

Несмотря на недостаточную скорость обучения и большой объем архитектуру *VGG*, ее легко реализовать. В ней группирование сверток в блоки происходит с одинаковым числом фильтров, а также используется поступательное удвоение числа фильтров в блоках. Внутренняя часть нейронной сети *VGG* состоит из двух одинаковых по размеру и выходного полносвязного слоя Dense (рис.2).

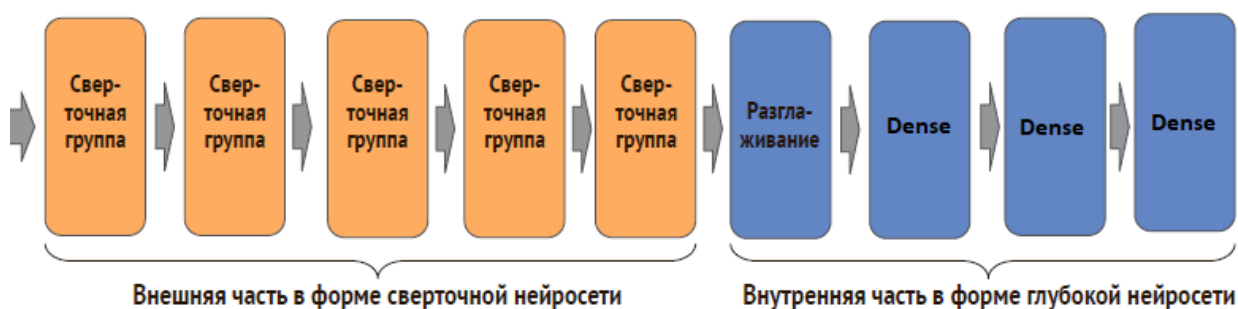


Рисунок 2 – Архитектура свёрточной нейронной сети VGG

В качестве примера рассмотрим сверточную нейронную сеть *VGG*, реализованную на языке программирования Python с использованием библиотек TensorFlow и Keras [10]. Подбор архитектуры и гиперпараметров сети – одна из важных составляющих работы.

Для начала необходимо создать объект нейронной сети с помощью класса **Sequential**: `model = Sequential()` (рис.3) [7,10]. В начальный момент это пустая нейронная сеть, не содержащая в себе никаких слоев и нейронов. Добавим в нее несколько слоев нейронов, идущих друг за другом, последовательно.

```

def make_model(sample_shape):
    model = Sequential()

    model.add(Conv2D(32, (3, 3), input_shape=sample_shape))
    model.add(Activation('relu'))
    model.add(MaxPooling2D(pool_size=(3, 3)))

    model.add(Conv2D(64, (3, 3)))
    model.add(Activation('relu'))
    model.add(MaxPooling2D(pool_size=(2, 2)))

    model.add(Flatten())
    model.add(Dense(512))
    model.add(Activation('relu'))
    model.add(Dropout(0.5))

    model.add(Dense(1))
    model.add(Activation('sigmoid'))

    return model

```

Рисунок 3 – Фрагмент кода, отвечающего за построения архитектуры НС на языке Python

В начальном слое используется сверточный 2D слой (Conv2D) с размером ядра свертки 3x3, имеющий размерность 32 и входным массивом данных 300x100. В качестве функции активации выхода слоя зададим ReLU (линейная функция) [7,8,10]. Далее создадим слой дискретизации MaxPooling2D с размером ядра пулингового слоя 3x3.

Далее добавляем следующий сверточный 2D слой Conv2D, с размером ядра свертки 3x3 с размерностью 64, активационной функцией ReLU и слоем MaxPooling2D с размером ядра пулингового слоя 2x2. Для преобразования двумерного массива в одномерный используется слой Flatten.

Предпоследний слой представляет собой полносвязный слой Dense с размерностью 512 и выходной функцией активации ReLU.

Избыток нейронов может ухудшать обобщающие способности нейронной сети. Поэтому число нейронов должно быть ровно столько, сколько необходимо для решения поставленной задачи. Для определения нужного количества нейронов нет универсального алгоритма. Это определяется опытным путем, подбирая минимальное число нейронов, при котором получается приемлемое качество решения задачи.

При этом, не редко с уменьшением числа нейронов уменьшается и точность выходных значений, то есть, показатель качества работы нейросети ухудшается. Очевидно, в таких случаях с переобучением нужно бороться с сохранением числа нейронов [7,10].

В этом случае используется алгоритм **Dropout** («метод прореживания» или «метод исключения»), целью которого является снижение специализации каждого отдельного нейрона. На каждой итерации изменения весовых коэффициентов часть нейронов исключается из нейронной сети с заданной вероятностью.

```

def preset_data():

    shutil.rmtree(PREPARED_DIR, ignore_errors=True)
    os.mkdir(PREPARED_DIR)

    true_files = glob.glob(f'/correct/*.jpg')
    false_files = glob.glob(f'/incorrect/*.jpg')

    true_files_new = list()
    false_files_new = list()

    for f in true_files:
        true_files_new.append(f.replace('\\', '/'))
    for f in false_files:
        false_files_new.append(f.replace('\\', '/'))

    total_files = len(true_files_new) + len(false_files_new)

    print(f"CORRECT: {len(true_files_new)}")
    print(f"INCORRECT: {len(false_files_new)}")
    print(f"Всего: {total_files}")

```

Рисунок 4 – Фрагмент кода на языке Python, отвечающий за разделение датасета на тренировочные и тестовые данные

Таким образом, после активационной функции используется слой Dropout (0.5) с 50 % вероятностью исключения нейронов на каждой итерации.

На выходе используется полносвязный слой Dense с одним нейроном и функцией активации сигмоид.

Далее необходимо сформировать набор данных для обучения и обучить нейронную сеть.

Исходная выборка данных представляет собой коллекцию изображений продукта (колбасного изделия), которые достаточно разнообразны, чтобы весомерно представлять моделируемые объекты. Полученный набор данных соответствует этому требованию. При этом для искусственного увеличения объема обучающей выборки путем модификации обучающих данных была использована **аугментация**. Этот метод на малых датасетах выступает как способ регуляризации и снижает переобучение на малочисленных классах, а также позволяет сделать классификацию устойчивой к некоторым изменениям тестовых данных (например, при подаче изображения большей яркости относительно обучающей выборки) [11].

При использовании аугментации необходимо учитывать, что слишком сильные изменения в изображении могут размыть, затереть, исказить, удалить важные особенности класса.

В начале импортируем набор данных в виде массивов пикселей (300, 100), после чего делим его на тренировочные и тестовые данные. Скрипт, написанный на языке программирования Python, представлен на рис.4.

Вначале формируется список путей к файлам с изображением продукта требуемого качества и бракованной. Списки сохраняются в соответствующие переменные в удобном виде для дальнейшей обработки (рис.4).

Далее в цикле открываются подпрограммой поиска объекта на изображении, которая выдает координаты объекта на изображении в виде прямоугольника (рис.5). После этого библиотекой OPENCV по полученным координатам вырезается объект и полученное изображение сохраняется в папку с соответствующим названием – для качественных образцов в названии “_1”, для бракованных “_0”.

```
for file in true_files:
    x1, y1, x2, y2, p = search_object_on_image(file)
    _s, _ss = check_image(p, x1, y1, x2, y2)
    _ss.save(PREPARED_DIR + '/%04d_1.png' % counter)

    print('\r%d из %d' % (counter, total_files), end='')
    counter += 1

for file in false_files:
    x1, y1, x2, y2, p = search_object_on_image(file)
    _s, _ss = check_image(p, x1, y1, x2, y2)
    _ss.save(PREPARED_DIR + '/%04d_0.png' % counter)

    print('\r%d из %d' % (counter, total_files), end='')
    counter += 1
```

Рисунок 5 – Фрагмент кода Python, отвечающего за поиск объекта на изображении

Имея в своем распоряжении такой набор данных, следующим шагом будет его разбивка на части, одна часть будет использоваться для тренировки, а другие для тестирования.

Точность тренировочных данных должна отражать точность, получаемую при развертывании в реально существующей среде для предсказания качественного и бракованного продукта на изображении, не встречавшихся с моделью во время тренировки.

Для проверки истинности вышесказанного предназначаются тестовые данные. Для этого была отложена порция набора данных, с помощью которой будем тестировать модель, после того как она будет натренирована, чтобы потом убедиться, что мы получили или не получили сопоставимую точность.

```
def prepare_dataset(train_coefficient, val_coefficient, *args):
    _X = args[0]
    _y = args[1]
    _s = _X.shape[0]
    _s_train = int(_s * train_coefficient)
    _s_val = int(_s * val_coefficient)
    _X_train = _X[:_s_train]
    _y_train = _y[:_s_train]
    _X_val = _X[_s_train:_s_train + _s_val]
    _y_val = _y[_s_train:_s_train + _s_val]
    _X_test = _X[_s_train + _s_val:]
    _y_test = _y[_s_train + _s_val:]

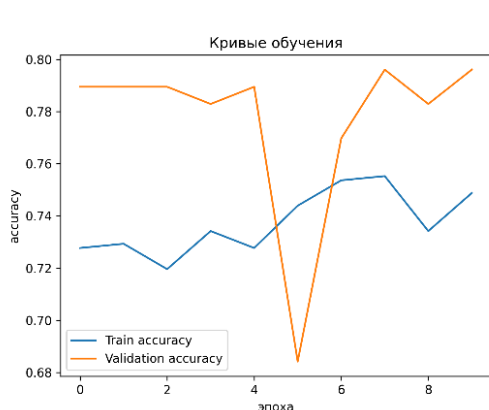
    return (_X_train, _y_train), (_X_val, _y_val), (_X_test, _y_test)
```

Рисунок 6 – Фрагмент кода Python для разделения обработанных изображений на три части

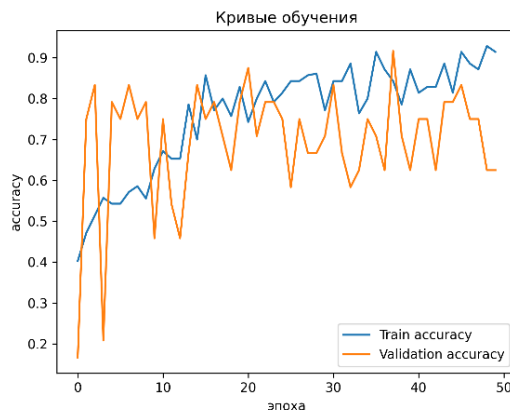
Полученные данные обработанных изображений разделим на три части (рис.6):

- train_coefficient – часть от общего списка изображений для тренировки нейронной сети;
- val_coefficient – часть от общего списка изображений для валидации нейронной сети);
- для тестирования.

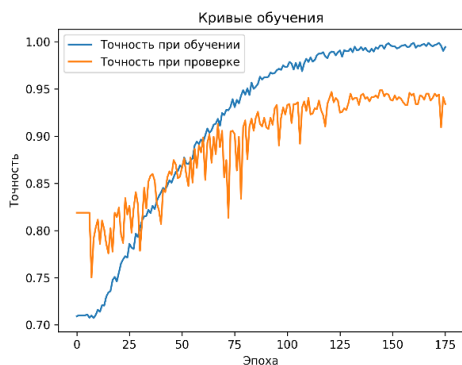
Заключение. Заключительным этапом является обучение нейронной сети. Полученные результаты обучения представим в виде графиков (рис.7).



а) точность 70,54%



б) точность 81,54%



в) точность 93,41%

Рисунок 7 - Диаграммы оценки качества обучения нейронной сети:

- а) входной слой: размерность 8, скрытый слой: размерность 16;
- б) входной слой: размерность 16, скрытый слой: размерность 32;
- в) входной слой: размерность 32, скрытый слой: размерность 64.

Анализ диаграмм (рис.7) показывают, что увеличение размерности на входном и скрытом слое позволяет увеличивать точность предсказаний нейронной сети.

Список источников

1. Доктрина продовольственной безопасности РФ. – Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 01 января 2020 г. № 20. <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/3e5/3e5941f295a77fdcfed2014f82ecf37f.pdf>.
2. Пеленко В.В., Демченко В.А., Бобров С.В., Усманов И.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. Мясорубки: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: Университет ИТМО; 2018. – 138 с.
3. Кравченко Р.А. Автоматизация процессов производства колбасных изделий использованием программируемых технических средств / Р.А. Кравченко, Ф.В.

Кучер, Д.Ю. Сохинов, И.В. Кротов // Роговские чтения: сборник докладов научно-практической конференции с международным участием, Москва, 16 декабря 2022 года. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. – С. 192-200.

4. Каргин В.А. Результаты создания интеллектуальной системы с использованием нейросетевых технологий для оценки качества яблок при сортировке / В.А. Каргин, В. В. Кишко, К. М. Усанов, Д. Ю. Сохинов // Вавиловские чтения - 2022 : Сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 135-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова, Саратов, 22–25 ноября 2022 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2022. – С. 710-715.

5. Борисевский А.М. Перспективы использования роботизированной системы для сортировки фруктов / А.М. Борисевский, В.А. Каргин, С.А. Мокрушин, Д.Ю. Сохинов // Роговские чтения: сборник докладов научно-практической конференции с международным участием, Москва, 16 декабря 2022 года. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. – С. 133-138.

6. Каргин, В.А. Перспективы использования алгоритмов искусственного интеллекта для раннего обнаружения заболеваний сырья растительного происхождения / В.А. Каргин, В.В. Кишко, А.М. Борисевский // Фабрика будущего: переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам для отраслей пищевой промышленности: Сборник научных докладов III Международной специализированной конференции - выставки, Москва, 29 марта 2022 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2022. – С. 142-148.

7. Шолле Франсуа Глубокое обучение на Python. — СПб.: Питер, 2018. — 400 с.: ил. – (Серия «Библиотека программиста»).

8. Ростовцев, В. С. Искусственные нейронные сети / В. С. Ростовцев. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 216 с.

9. Лутц М. Программирование на Python, том I, 4-е издание. – Пер. с англ. – СПб.: Символ-Плюс, 2011. – 992 с.

10. Шакла Нивант Машинное обучение и TensorFlow. - СПб.: Питер, 2019. - 336 с.: ил. - (Серия «Библиотека программиста»).

11. Сохинов, Д. Ю. Рекомендации по подготовке dataset для машинного обучения / Д. Ю. Сохинов, Р. А. Кравченко, О. В. Логачева // Роговские чтения: сборник докладов научно-практической конференции с международным участием, Москва, 16 декабря 2022 года. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. – С. 368-373.

© Каргин В.А., Кравченко Р.А., Кротов И.В., Резенов Е.Р., 2023

Научная статья

УДК: 631.3

ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ ШАГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Руслан Радионович Кармушев,¹ Татьяна Анатольевна Бучельникова²

^{1,2}Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень, Россия

¹karmushev.rr@edu.gausz.ru,

²buchelnikovata@gausz.ru,

Аннотация. В статье выполнен обзор различных типов шаговых двигателей, указаны их достоинства и недостатки, а также возможность их применения в сфере АПК.

Ключевые слова: Шаговый двигатель; биполярный двигатель; ротор; бесколлекторный двигатель

Для цитирования:

Кармушев Р.Р. Обзор конструкций шаговых двигателей / Кармушев Р.Р., Бучельникова Т.А. // Актуальные проблемы энергетики АПК: XIV Национальная научно-практическая с международным участием / Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023

Original Article

OVERVIEW OF STEP MOTOR DESIGNS

Ruslan Radionovich Karmushev,¹ Tatyana Anatolyevna Buchelnikova²

^{1,2}State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, Tyumen, Russia

¹karmushev.rr@edu.gausz.ru,

²buchelnikovata@gausz.ru,

Annotation. The article provides an overview of various types of stepper motors, their advantages and disadvantages, as well as the possibility of their application in the field of agriculture.

Keywords: Stepper motor; bipolar motor; rotor; brushless motor; hybrid engines

For citation: Karmushev R.R. Obzor konstruktsiy shagovykh dvigateley / R.R. Karmushev, T.A. Buchel'nikova // Actual problems of agricultural energy: materials of the XIV National Conference with international participation / Edited by S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Актуальность: Уже довольно долгое время используются шаговые двигатели в технике. В составе некоторых устройств, например, в принтерах, на автоматическом конвейере, дисководов для гибких дисков и других устройствах и т.д. имеются шаговые двигатели. В своей работе я сконцентрировал информацию по шаговым двигателям и их применению в сфере АПК.

Материалы и методы. В статье выполнен аналитический обзор основных типов шаговых двигателей и особенности их применения.

Шаговый двигатель – это бесколлекторный двигатель постоянного тока (рис 1). Структура шагового двигателя позволяет смещать ротор скачками, то есть ступенчато, в ответ на импульс тока, созданный напряжением, приложенным к его обмоткам. Начальный шаг задается конструктивно и не может быть увеличен, но может быть уменьшен с помощью схемных ухищрений. Движение ротора основано на взаимодействии магнитных полей ротора, который является постоянным магнитом с N-полюсами, и статора, содержащего обмотки, формирующие переменный магнитный поток в соответствии с управляющими импульсами.

Шаговые двигатели обладают значительно более высокой надежностью, что является важным фактором для многих практических приложений [1]. Это связано с отсутствием подвижного контакта токосъемника. Кроме того, шаговые двигатели позволяют выполнять не только обычное вращение ротора, но и линейный шаг, который используется, например, в дисководах и принтерах. Однако, главным преимуществом шаговых двигателей является возможность точного позиционирования ротора и его удержания в заданном положении без перегрузки двигателя. Удерживающий момент шаговых двигателей превышает крутящий момент, что позволяет удерживать ротор при более низком токе. В ряде применений можно обойтись без дорогостоящих редукторов. Тем не менее, шаговые двигатели имеют некоторые недостатки, такие как: высокая цена, относительная сложность управления по сравнению с коллекторными двигателями, низкая скорость вращения.

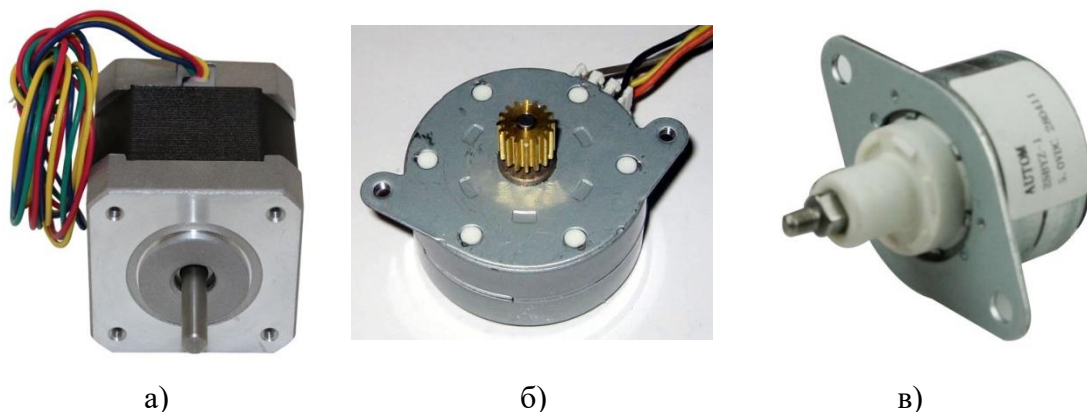


Рисунок 1 – Шаговые двигатели: а) биполярный гибридный б) униполярный на постоянных магнитах в) с линейным перемещением ротора

Существуют три основных типа шаговых двигателей.

1. Двигатели с переменным магнитным сопротивлением. Для создания крутящего момента в двигателях с переменным магнитным сопротивлением используются магнитные потоки статора и ротора, которые выравниваются между собой. Двигатели этого типа применяются для работы на высоких скоростях.

2. Двигатели с постоянными магнитами. Для работы двигателей с постоянными магнитами используется статор с обмотками и ротор с постоянными магнитами. Полюса ротора имеют прямолинейную форму и параллельны оси двигателя. Этот тип двигателя создает больший магнитный поток и, следовательно, больший крутящий момент, чем двигатели с переменным сопротивлением. Однако он подвержен ЭДС со стороны ротора, что ограничивает его максимальную скорость. Также этот тип двигателя имеет длинный ход, что делает его пригодным для использования с редуктором в различных производственных условиях.

3. Гибридные двигатели. Хотя и являются самыми дорогими, обладают такими преимуществами, как более маленький размер начального шага, больший крутящий момент и большую скорость, чем двигатели с постоянными магнитами [2]. Они объединяют лучшие характеристики двух других типов двигателей. Ротор гибридного двигателя имеет зубья, расположенные в направлении оси (рис. 2). Обычно количество зубьев в гибридном двигателе составляет от 100 до 400, при угле шага от 3,6 до 0,9 градусов. Статор гибридного двигателя также имеет зубья, обычно используются 4 основных полюса для угла шага 3,6 градуса и 8 основных полюсов для угла шага 1,8 или 0,9 градуса. Большинство гибридных двигателей имеют 100 полюсов (50 пар), а с учетом двухфазной конструкции общее число полюсов равно 200, при угле опережения 1,8 градусов (360/200).



Рисунок 2 – Типовая конструкция гибридного шагового двигателя

Шаговые двигатели отличаются не только общей конструкцией, но и способом включения обмоток, что определяет их разделение на однополярные и двухполярные. Униполярный двигатель имеет одну обмотку, которая включена в каждую фазу, с отводом посередине каждой обмотки, позволяющим менять направление магнитного поля. Обычно такой двигатель имеет 6 выводов, но центральные выводы обмоток могут быть совмещены, что дает 5 выводов. Биполярный двигатель имеет две обмотки, которые включаются поочередно в каждой фазе. Некоторые двигатели имеют четыре разделенные обмотки, но ошибочно называются 4-фазными.

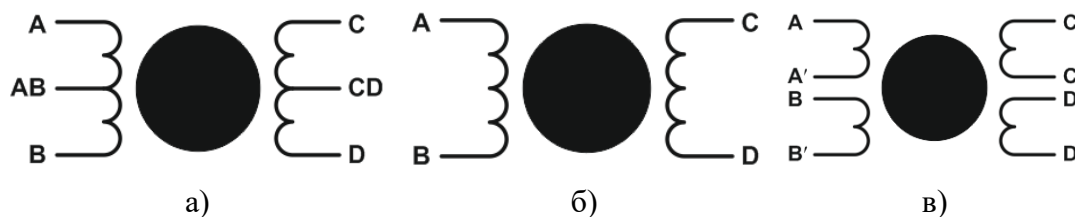


Рисунок 3 – Схемы включения обмоток статора шаговых двигателей

Результаты исследования. Очевидно, что униполярный шаговый двигатель может быть использован в биполярной конфигурации. Двигатель с расщепленной обмоткой может быть настроен как однополярный или двухполярный, в зависимости от правильного соединения обмоток [3, 4]. Этот тип двигателя может также использоваться с параллельными и последовательными обмотками, что позволяет увеличить момент при низком напряжении (в параллельном соединении обмоток) и уменьшить потребляемый ток при увеличении напряжения питающей обмотки (в последовательном соединении обмоток). В двигателе с биполярными обмотками все обмотки работают одновременно, что приводит к увеличению момента на 40%.

При определенной длительности импульса ток в обмотке может не достигнуть номинального значения, что приведет к снижению момента на двигателе, а в некоторых случаях ротор вообще не будет двигаться. Этот эффект ограничивает скорость вращения шагового двигателя. Существует три способа решения этой проблемы. Первый способ требует специальных схем управления с дополнительными переключателями и блоками питания, которые позволяют увеличить и затем уменьшить напряжение в обмотке до номинального значения. Классический и наиболее простой способ - последовательно с обмоткой двигателя подключить добавочное сопротивление, что ускорит нарастание тока в индуктивности и не приведет к отказу двигателя. Однако, этот способ имеет недостатки, такие как необходимость использования мощных резисторов и потери энергии, поэтому его применяют в основном для маломощных двигателей. Еще одним препятствием для использования шаговых двигателей является механический резонанс, который вызывает затухающие колебания ротора и потерю крутящего момента на определенных оборотах. Для устранения колебаний ротора могут быть использованы механические методы, такие как демпфирующие, тормозные фрикционные или бесфрикционные системы, либо микрошаговый режим управления. Системы управления с делением шага на более мелкие части позволяют уменьшить колебания ротора почти до нуля.

Шаговый двигатель эффективен для роботизированных комплексов точечной сварки в мелкосерийном производстве крупногабаритных конструкций с множеством точек сварки и частой сменой свариваемого объекта. Робот - автоматический манипулятор с несколькими степенями свободы и приводами может иметь антропоморфную конструкцию со сферической системой координат, «рукой» и «схватом» для инструмента.

Примером такой конструкции является производство кузовов автомобилей на одной линии с несколькими моделями (рис.5). Вопрос массы и размеров зажимов, а также гибкости тросов является существенным [5]. Система программного управления роботом определяет путь перемещения захватов от одной точки к другой и контролирует сварочный цикл и режим.



Рисунок 5 – Комплекс РТК (Робототехнический комплекс)

Такие манипуляторы имеют антропоморфную конструкцию с 6 степенями свободы и 6 угловыми приводами, которые могут вращаться на угол от 320 до 360° при частоте вращения от 76 до 110% [6]. Максимальный вес, который можно прикрепить к его «захвату», составляет 60 кг. Система управления программой позиционирования позволяет достигать повторяемости (точности) точек установки не хуже $\pm 1,2$ мм. Кроме того, шаговые двигатели также используются в сельскохозяйственных роботах (рис 6). Его можно использовать в роботизированных устройствах для уменьшения доли ручного труда в процессе сортировки на автоматизированном конвейере, для автоматизации упаковки, сортировки и сбора плодов и овощей в сельском хозяйстве и пищевой промышленности [7, 8].



Рисунок 6 – Автоматизированный комплекс упаковывания робот KUKA KR 360 R3075 KR C4

Заключение. Шаговый двигатель — универсальное устройство, имеющий широкий спектр применения. В результате проведенного анализа для работы в

сельскохозяйственной отрасли наиболее подходящими будут шаговые двигатели гибридного типа и двигатели с постоянными магнитами.

Список источников

1. Рентюк В. «Шаговые двигатели и особенности их применения». Компоненты и технологии, №10, 2013
2. Емельянов А. В., Шилин А. Н. Шаговые двигатели: учебное пособие. Волг. ГТУ, Волгоград, 2005
3. Принцип работы шагового двигателя [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://youtu.be/r_V8vIuEPws (дата обращения: 29.03.2023)
4. Шаговый двигатель [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://zaxis.ru/statyi/shagovyy-dvigatel-rabota-ustrojstvo.html> (дата обращения: 29.03.2023)
5. Шаговые двигатели – типы, устройство и принцип работы, подключение и управление [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://elektrikexpert.ru/shagovye-dvigateli-tipy-ustrojstvo-i-princip-raboty.html> (дата обращения: 29.03.2023)
6. Автоматизации производства. Проектирование индивидуального оборудования. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pro-robots.ru> (дата обращения: 29.03.2023)
7. Бучельникова, Т. А. Обзор конструкций мягких захватов для сбора плодов и овощей / Т. А. Бучельникова, В. С. Панов, Н. Н. Устинов // Агропродовольственная политика России. – 2022. – № 4-5. – С. 7-17
8. Бучельникова, Т. А. Обзор конструкций мягких захватов роботов для работы с продукцией сельского хозяйства / Т. А. Бучельникова, Н. Н. Устинов // Мир Инноваций. – 2022. – № 1(20). – С. 8-17

© Кармушев Р.Р., Бучельникова Т.А., 2023

Научная статья
УДК 621.317

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Дмитрий Евгеньевич Каширин¹, Виктор Вячеславович Павлов²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

¹kadm76@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5487-6863>

²vikp76@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1006-9162>

Аннотация. С точки зрения надёжности контроля параметров сельскохозяйственной техники представляет интерес в применяемых датчиках зависимость относительного изменения входного сопротивления R_n/R_o

(входных диодов и транзисторов микросхемы) и начального выходного сигнала U_n/U_o (как правило, различные типы транзисторов) измерительного преобразователя (микросхемы) датчика (например, магнитного поля) от величины внешних воздействий: температуры, напряжения, тока и времени нагрузки. В частности, изменения входного сопротивления определяется входными характеристиками элементов микросхем, которые зависят от их деградации областей контактов самих элементов, начинаются эти изменения при определённых температурах и времени нагрузки самих датчиков.

Ключевые слова: контроль параметров, температура, напряжение, ток, надёжность электронных схем.

Для цитирования: Павлов В.В. Совершенствование методики электротехнических измерений в условиях агропромышленных предприятий / В.В. Павлов, Д.Е. Каширин // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

IMPROVEMENT OF THE TECHNIQUE OF ELECTRICAL MEASUREMENTS IN THE CONDITIONS OF AGRO-INDUSTRIAL ENTERPRISES

Dmitry Evgenievich Kashirin¹, Victor Vyacheslavovich Pavlov²

^{1,2} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹kadm76@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5487-6863>

²vikp76@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1006-9162>

Annotation. From the point of view of the reliability of monitoring the parameters of agricultural machinery, it is of interest in the sensors used to depend on the relative change in the input resistance R_n/R_o (input diodes and transistors of the microcircuit) and the initial output signal U_n/U_o (as a rule, various types of transistors) of the measuring transducer (microcircuit) of the sensor (for example, magnetic field) on the magnitude of external influences: temperature, voltage, current and load time. In particular, changes in the input resistance are determined by the input characteristics of the microcircuit elements, which depend on their degradation of the contact areas of the elements themselves, these changes begin at certain temperatures and load times of the sensors themselves.

Key words: parameter control, temperature, voltage, current, reliability of electronic circuits.

For citation: Pavov V.V. Improvement of the technique of electrical measurements in the conditions of agro-industrial enterprises / V.V. Pavlov, D.E. Kashirin // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023

Введение. Традиционная технология использует металлизацию Al(Si) сплавом для подавления взаимного проникновения во время стадии Al(Si) спекания и последовательной тепловой обработки структуры перехода Al(Si)/Si. Было показано, однако, что электромиграция в Al(Si)-Si контакте также может привести к взаимному проникновению. В этом случае, из-за быстрого обмена между Si атомами проводящих электронов, Si мигрирует из контактной зоны Al(Si)-Si в Al(Si) плёнку, оставляя ямки травления на границе контакта в Si переходе. Увеличение мигрирующих атомов Si и углубление ямок травления в переход может привести к утечке тока перехода или может произойти замыкание перехода. В этом случае для мелких переходов прекращение утечки тока менее вероятно и вызывает большее беспокойство. Т.е. при более мелком переходе соединении Al(Si)-Si такая утечка тока вероятнее и, следовательно, в большей степени связана с надёжностью и стабильностью электронных схем [1, 2, 3, 4].

Материалы и методы. Известно [5, 6], что в технологии НМОП – структур при производстве этих микросхем во время глубокой фосфорной диффузии контактный штырёк (бугорок) может быть использован для подавления прекращения утечки тока. В технологии КМОП - структуры использование штырьков n- и p-типов не благоприятно. Цель данной работы объяснить пределы использования не барьерных металлических контактов в микросхемотехнике. Рассматриваются электрические и физические явления утечки тока за счёт контактной электромиграции (КЭМ) для целей её прекращения, Al(Si)-Si контактов особенно для n^+Si и p^+Si мелких переходов. Определены энергия активации и зависимость СВПТУ от тока нагрузки контакта. Также используется сжатие тока контакта при помощи использовании их различной длины и различно легированных переходов.

Испытываемый прибор (структура) проявил увеличение утечки от 1мА до 170 мА после того как получил нагрузку током 7.4 мА при температуре 200°C в течение 20 часов. РЭМ картина (с удаленным Al металлом) показала изменения, как на положительном, так и на отрицательном контакте в n^+Si контактной цепочке в частности ямки травления, которые появляются в положительных контактах, а осадки атомов Si появляются в отрицательных контактах. Подобное явление также наблюдали в [1]. Существует два источника атомов Si, один из металлической пленки, другой который мигрирует из других контактов. Коэффициент диффузии атомов Si в Al металле значительно выше, чем Al в Al и Si в Si [7], и атомы Si могут проходить на расстояние в Al плёнке десятки и даже сотни микрон. Заметьте, что в то время как ямки травления появляются во всех положительных контактах, а осадки Si не появляются во всех отрицательных контактах.

Также были изучены приборы, не подвергшиеся электрической нагрузке. Т.е. контакты без нагрузки, которые сформированы и находятся на той же – пластине. Таким образом, эти структуры получили такую же тепловую обработку, как и приборы (ранее исследованные образцы подвергшиеся нагрузке током 7.5 мА при температуре 200°C в течение 20 часов. Отсутствие

ямok травления в контактах указывает на то, что легированная кремнием [8, 9, 10] алюминиевая плёнка подавляет растворение кремниевой подложки во время отжига.

В общем, СВПТУ зависящей от процесса электромиграции кремния в проводнике (Al металле) может быть [10,11]

$$\text{СВПТУ} = A \cdot I^{-n} \exp\left(\frac{E_a}{k_B T}\right) \quad (1)$$

где I – приложенный ток; E_a – энергия активации; k_B – постоянная Больцмана; T – температура в Кельвинах; n – коэффициент ускорения тока; A – пропорциональная константа.

Очевидно, что коэффициент ускорения тока n и энергия активации E_a являются важными в понимании физического механизма и существенными для оценки СВПТУ при нормальных рабочих условиях. В этих экспериментах, тесты для определения n и E_a использовали диапазон протекающего тока через контакт от 1мА до 7мА при температурах структуры в пределах от 170°C до 230°C. Каждый образец представляет собой цепочку контактов к n^+Si слою размером 2×2 мкм². Токи протекающие через контакт с низкой нагрузкой структуры используются для уменьшения локализованных тепловых эффектов. Использование нагретого держателя подложки также является преимуществом, которое обеспечивает лучшую и однородную теплопроводимость исследуемых приборов и сводит к минимуму подъём локальной температуры в каждом контакте. Авторы, при изучении электромиграции в Al плёнке, сообщили, что наблюдался положительный подъём менее чем в 4°C для плотности тока $3 \cdot 10^6$ А/см² при использовании нагретого держателя пластины (структуры).

Результаты исследования. Таким образом, исследуя на этих структурах температурную зависимость СВПТУ функции от $1/T$, то есть функцию Аррениуса, из которой мы определили энергию активации $-E_a = 0,8 \pm 0,10$ эВ или меньше для n^+Si контактов. Прекращение утечки перехода, вызванное электромиграцией контакта, ограничивает надёжность Al контактов к n^+Si , который не имеет барьера диффузии. Мы не наблюдали увеличение утечки в Al(Si) - p^+Si контактах. СВПТУ зависит от тока, геометрии, температуры, глубины перехода и степени сжатия тока. Обнаружено, что СВПТУ имеет энергию активации $E_a = 0,8 \pm 0,1$ эВ и обратно пропорционально эффективному току $I_{эфф}$, который определяется как часть общего тока, протекающего в пределах $\sqrt{2}X_j$ проводящую края металлического контакта. Вследствие сжатия тока, $I_{эфф}$ слабо зависит от длины контакта L металлизации и изменения в длине контакта L мало влияют на СВПТУ для типичной конфигурации алюминиевых контактов.

Заключение. Прекращение утечки перехода, вызванное электромиграцией контакта, ограничивает надёжность Al контактов к n^+Si , который не имеет барьера диффузии. Мы не наблюдали увеличение утечки в Al(Si) - p^+Si контактах. СВПТУ зависит от тока, геометрии, температуры, глубины перехода и степени сжатия тока. Обнаружено, что СВПТУ имеет энергию активации

$E_a=0.8\pm 0.1\text{В}$ и обратно пропорционально эффективному току $I_{\text{эфф}}$, который определяется как часть общего тока, протекающего в пределах $\sqrt{2}X_j$ проводящую края металлического контакта. Вследствие сжатия тока, $I_{\text{эфф}}$ слабо зависит от длины контакта L металлизации и изменения в длине контакта L мало влияют на СВПТУ для типичной конфигурации алюминиевых контактов.

Список источников

1. Исследование нелинейных искажений напряжения при работе частотного преобразователя в паре с асинхронным электродвигателем / А. В. Шемякин, С. Н. Борычев, Д. Е. Каширин, В. В. Павлов // Научно-инновационные аспекты аграрного производства: перспективы развития: Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора техн. наук, профессора Н.В. Бышова, Рязань, 24 ноября 2022 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 219-223. – EDN UBUEZI.
2. Каширин, Д. Е. Феноменологическая модель диссипации колебаний в системе с нелинейными потерями энергии / Д. Е. Каширин, В. В. Павлов, Я. М. Глухих // Научно-инновационные аспекты аграрного производства: перспективы развития: Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора техн. наук, профессора Н.В. Бышова, Рязань, 24 ноября 2022 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 105-108. – EDN WJTZUX.
3. Анализ технических нарушений в распределительной электрической сети напряжением до 10 КВ / А. В. Шемякин, С. Н. Борычев, Д. Е. Каширин [и др.] // Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства: приоритеты и технологии: Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Николая Владимировича Бышова, Рязань, 23 ноября 2021 года. Том Часть I. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – С. 350-353. – EDN JYAGHV.
4. Каширин, Д. Е. Вариационный анализ работоспособности линий электропередач напряжением 0,4 КВ / Д. Е. Каширин, В. В. Павлов // Наука, образование и бизнес: новый взгляд или стратегия интеграционного взаимодействия: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения первого Президента Кабардино-Балкарской Республики Валерия Мухамедовича Кокова, Нальчик, 14–15 октября 2021 года. Том Часть 2. – г. Нальчик: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова", 2021. – С. 272-276. – EDN FUGGZQ.
5. Совершенствование условий эксплуатации устройств релейной защиты и автоматики в низковольтной электрической сети / А. В. Шемякин, С. Н.

Борычев, Д. Е. Каширин, В. В. Павлов // Современное состояние и перспективы развития механизации сельского хозяйства и эксплуатации транспорта : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 95-летию доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 13 декабря 2021 года / ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – С. 124-127. – EDN PUMDQE.

6. К вопросу совершенствования методов электротехнических измерений / Д. Е. Каширин, А. В. Шемякин, С. Н. Борычев, В. В. Павлов // Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства: приоритеты и технологии : Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Николая Владимировича Бышова, Рязань, 23 ноября 2021 года. Том Часть I. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – С. 121-123. – EDN CZEXAC.

7. К вопросу снижения потерь мощности в распределительной электрической сети / В. В. Павлов, А. В. Шемякин, С. Н. Борычев, Д. Е. Каширин // Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства: приоритеты и технологии: Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Николая Владимировича Бышова, Рязань, 23 ноября 2021 года. Том Часть I. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – С. 216-219. – EDN POFJGC.

8. Каширин, Д. Е. Обоснование условий рациональной эксплуатации коллекторных электродвигателей / Д. Е. Каширин, В. В. Павлов // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 29–30 апреля 2021 года. – Саратов: ООО "Амирит", 2021. – С. 93-98. – EDN OKFBDU.

9. Оценка экономических потерь, связанных с нарушениями в работе системы электроснабжения / А. В. Шемякин, С. Н. Борычев, Д. Е. Каширин, В. В. Павлов // Новации как стратегическое направление механизации и автоматизации сельского хозяйства: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой памяти профессора Анатолия Михайловича Лопатина (1939-2007), Рязань, 12 ноября 2021 года / ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – С. 205-209. – EDN HANSBL.

10. К вопросу исследования КПД элементов Пельтье / Д. Н. Бышов, Д. Е. Каширин, С. Н. Гобелев [и др.] // . – 2020. – № 1(45). – С. 76-80. – DOI 10.36508/RSATU.2020.45.1.013. – EDN KLTRUG.

© Каширин Д.Е., Павлов В.В., 2023

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДИОДА ШОТТКИ

Дмитрий Евгеньевич Каширин¹, Виктор Вячеславович Павлов²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

¹kadm76@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5487-6863>

²vikp76@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1006-9162>

Аннотация. С каждым годом уровень автоматизации производственных процессов на животноводческих фермах, и кормоприготовительных предприятиях увеличивается. Создание нового оборудования предполагает улучшение его характеристик. В частности повышаются требования к характеристикам полупроводниковых приборов. Диоды Шоттки в настоящее время приобретают все большее применение благодаря своим уникальным характеристикам. Улучшению характеристик этих полупроводниковых приборов и посвящена наша работа.

Ключевые слова: полупроводниковые устройства; диод Шоттки; термоэлектронный компонент; вольтамперная характеристика; поверхностное сопротивление.

Для цитирования: Каширин Д.Е. Совершенствование способов измерения параметров диода Шоттки / Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

IMPROVEMENT OF THE METHODS OF MEASURING THE PARAMETERS OF THE SCHOTTKY DIODE

Dmitry Evgenievich Kashirin¹, Victor Vyacheslavovich Pavlov²

^{1,2} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹kadm76@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5487-6863>

²vikp76@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1006-9162>

Annotation. Every year the level of automation of production processes at livestock farms and feed preparation enterprises is increasing. The creation of new equipment involves improving its characteristics. In particular, the requirements for the characteristics of semiconductor devices are increasing. Schottky diodes are currently gaining more and more use due to their unique characteristics. Our work is devoted to improving the characteristics of these semiconductor devices.

Keywords: semiconductor devices; Schottky diode; thermionic component; volt-ampere characteristics; surface resistance.

For citation: Kashirin D.E. Improvement of the methods of measuring the parameters of the Schottky diode / D.E. Kashirin, V.V. Pavlov // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023/

Введение. Для преодоления трудностей, возникающих при слишком высоком внутреннем последовательном сопротивлении диода Шоттки или слишком низкой энергетической высоте для электронов барьера Шоттки контакта металл - полупроводник, предлагается простой метод определения (измерения) высоты барьера для основных носителей тока в диодах Шоттки. Этот метод был успешно применен к Al-Si системе, где величина электронного барьера (Φ_B) составила равной $0,41 \pm 0,01 \text{ эВ}$ и проверен нами на силицидах (платины, и другой металлизации).

Для определения высоты барьеров Шоттки обычно строят график зависимости $\ln I = f(U)$. Для напряжения U больше, чем kT/q это кривая (зависимость) будет прямой линией, и её экстраполяционное пересечение с осью напряжения даст ток отсечки (I_S) на оси ординат. Из этого значения тока I_S можно высчитать высоту барьера.

Материалы и методы. В нашей работе использовали W или Pt защитные покрытия для предотвращения окисления напыленных металлов, в том числе группы лантаноидов, где применяли отжиг в печи для образования и дисилицидов. Используя обычный вольтамперный $I = f(U)$ метод, мы определили высоту барьера Шоттки $\sim 0,4 \text{ эВ}$ в кремниевом диоде.

Для определения малых высот барьера Шоттки (который свойственен и редкоземельным силицидам на Si n -типа) используются низкие температуры для уменьшения термоионного тока и особенно для определения в p -типа Si образцах. На практике может быть интересна, для применения новая простая методика (конфигурация) определения параметров диода, которая учитывает (исключает во время измерения) поверхностное удельные сопротивление слоя и последовательного сопротивления как фона [1, 2, 3, 4].

Трудности традиционного вольтамперного $I = f(U)$ метода заключается в следующем:

1) основной объём полупроводникового материала диода представляет последовательное сопротивление R_S на диоде Шоттки и, если R_S большое, трудно получать надёжный I_S ;

2) ток, рекомбинации [1,2] в диоде может быть важной частью общего тока и это затрудняет точность определения экстраполяционного значения I_S .

Из-за низкой высоты барьера (полученные нами экспериментальные структуры) наши попытки определить высоту барьера Al-Si в кремнии вначале были тщетными. Сам контакт был получен в условиях высокого вакуума и его свойства описаны отдельно [5, 6].

Для измерений Φ_B сформированного барьера Шоттки на кремниевой подложке n-типа были использованы 4,5 Ом·см кремниевые подложки с ориентацией кристалла Si .

Для устранения большого поверхностного удельного сопротивления слоя и проблемы присоединения нижнего контакта при электронных барьерах с $\Phi_B < 0,4\text{эВ}$ было использовано «одностороннее» (планарное) приспособление (контактирование), которые выполнены по планарной технологии [7, 8, 9, 10].

Основная задача в данных исследованиях – это создание двух диодов различной величины (по площади контакта Шоттки). В частности пусть площадь одного контакта Шоттки S_1 меньше, а S_2 площадь другого контакта Шоттки – больше по величине. Последний используется как заменитель нижнего контакта к пластине (контакт к нижней части полупроводниковой пластины), то есть получилась односторонняя (планарная) структура для исследования высоты барьера Шоттки. Мы допускаем, что термоионический (термоэлектронный) компонент тока является доминирующей частью общего тока диода, то есть отсюда термоионический ток будет иметь вид:

$$i = SC \left[\exp \left(\frac{gU}{kT} \right) - 1 \right], \quad (1)$$

где S - площадь активной области диода, и здесь

$$C = A^{**} T^2 \left[\exp \left(\frac{g\Phi_B}{kT} \right) \right] \quad (2)$$

измеряется в единицах $A/\text{см}^2$.

Пусть U_1 – падение напряжения на меньшем диоде, U_2 – то же на омической подложке и U_3 означает напряжение в большем диоде. Система будет смещаться (по степени работы диодов) таким образом, что диод с площадью S_1 будет открытым, а диод с площадью S_2 закрытым. В таком случае ток и падение напряжения в меньшем диоде, как известно будет выглядеть таким образом:

$$i = S_1 C \left[\exp \left(\frac{gU_1}{kT} \right) - 1 \right] \quad (3)$$

$$U_1 = \left(\frac{kT}{g} \right) \ln \left(\frac{i}{S_1 C} + 1 \right). \quad (4)$$

Так же на диоде с площадью S_2

$$-i = S_2 C \left[\exp \left[\frac{gU_3}{kT} \right] - 1 \right] \quad (5)$$

и тогда

$$U_3 = \left(\frac{-kT}{g} \right) \ln \left(\frac{-i}{S_2 C} + 1 \right), \quad (6)$$

а для омической части подложки

$$U_2 = iR_s. \quad (7)$$

Общее напряжение (U) этой системы будет суммой этих напряжений.

Таким образом

$$\frac{kT}{g} \ln \left(\frac{i}{S_1 C} + 1 \right) = U - iR_s + \frac{kT}{g} \ln \left(-\frac{1}{S_2 C} + 1 \right) \quad (8)$$

Отсюда для зависимости C мы получаем

$$C = \left[\frac{i}{(Q-1)} \right] \left(\frac{Q}{S_2} \right) + \left(\frac{1}{S_1} \right), \quad (9)$$

где
$$Q = e^{\left(\frac{g}{kT}\right)(U-R_S i)} \quad (10)$$

Теперь рассмотрим случай смещения для обратного типа электропроводимости диода. Тогда уравнение (10) может быть записано в виде

$$C' = C = \frac{i}{Q'-1} \left(\frac{Q'}{S_1} + \frac{1}{S_2} \right), \quad (11)$$

и если $i' = |i|$, то это решается, как

$$U' = U + \Delta U,$$

где $\Delta U > 0$, если $S_2 > S_1$ и $\Delta U < 0$, если $S_2 < S_1$. В нашем допущении выбран первый случай. Тогда с другой стороны будет, записано выражение (11), как:

$$Q' = e^{\left(\frac{g}{kT}\right)(U'-R_S i)} = e^{\left(\frac{g}{kT}\right)(U-R_S i)} \cdot e^{\left(\frac{g}{kT}\right)\Delta U} = Q e^{\frac{g\Delta U}{kT}}, \quad (12)$$

$$Q' = aQ, \text{ где } a = e^{\frac{g\Delta U}{kT}}$$

Результаты исследования. Для демонстрации описанного метода были получены Al-Si и силицидовые диоды на n-типа Si с напылением различных металлов в условиях сверхвысокого вакуума и соответствующим отжигам. Два различных по размерам диода были изготовлены при помощи металлической маски. Диаметры контактов варьировались от 0,2 до 2 мм.

Заключение. Наши результаты показали, что расчетные значения величин барьеров Шоттки согласуются с экспериментальными данными друг с другом независимо от различных размеров диодов и различных последовательных удельных сопротивлений, где $\Phi_B = 0,41 \pm 0,01 \text{ эВ}$.

Список источников

1. Каширин, Д. Е. Феноменологическая модель диссипации колебаний в системе с нелинейными потерями энергии / Д. Е. Каширин, В. В. Павлов, Я. М. Глухих // Научно-инновационные аспекты аграрного производства: перспективы развития: Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора техн. наук, профессора Н.В. Бышова, Рязань, 24 ноября 2022 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 105-108. – EDN WJTZUX.
2. Анализ технических нарушений в распределительной электрической сети напряжением до 10 КВ / А. В. Шемякин, С. Н. Борычев, Д. Е. Каширин [и др.] // Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства: приоритеты и технологии: Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Николая Владимировича Бышова, Рязань, 23 ноября 2021 года. Том Часть I. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – С. 350-353. – EDN JYAGHV.
3. Исследование нелинейных искажений напряжения при работе частотного преобразователя в паре с асинхронным электродвигателем / А. В. Шемякин, С. Н. Борычев, Д. Е. Каширин, В. В. Павлов // Научно-инновационные аспекты аграрного производства: перспективы развития: Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной

памяти доктора техн. наук, профессора Н.В. Бышова, Рязань, 24 ноября 2022 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 219-223. – EDN UBVEZI.

4. Каширин, Д. Е. Вариационный анализ работоспособности линий электропередач напряжением 0,4 КВ / Д. Е. Каширин, В. В. Павлов // Наука, образование и бизнес: новый взгляд или стратегия интеграционного взаимодействия: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения первого Президента Кабардино-Балкарской Республики Валерия Мухамедовича Кокова, Нальчик, 14–15 октября 2021 года. Том Часть 2. – г. Нальчик: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова", 2021. – С. 272-276. – EDN FUGGZQ.

5. К вопросу снижения потерь мощности в распределительной электрической сети / В. В. Павлов, А. В. Шемякин, С. Н. Борычев, Д. Е. Каширин // Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства: приоритеты и технологии: Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Николая Владимировича Бышова, Рязань, 23 ноября 2021 года. Том Часть I. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – С. 216-219. – EDN POFJGC.

6. Оценка экономических потерь, связанных с нарушениями в работе системы электроснабжения / А. В. Шемякин, С. Н. Борычев, Д. Е. Каширин, В. В. Павлов // Новации как стратегическое направление механизации и автоматизации сельского хозяйства: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой памяти профессора Анатолия Михайловича Лопатина (1939-2007), Рязань, 12 ноября 2021 года / ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – С. 205-209. – EDN HANSBL.

7. Совершенствование условий эксплуатации устройств релейной защиты и автоматики в низковольтной электрической сети / А. В. Шемякин, С. Н. Борычев, Д. Е. Каширин, В. В. Павлов // Современное состояние и перспективы развития механизации сельского хозяйства и эксплуатации транспорта : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 95-летию доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 13 декабря 2021 года / ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – С. 124-127. – EDN PUMDQE.

8. К вопросу совершенствования методов электротехнических измерений / Д. Е. Каширин, А. В. Шемякин, С. Н. Борычев, В. В. Павлов // Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства: приоритеты и технологии : Материалы I Национальной научно-практической конференции с

международным участием, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Николая Владимировича Бышова, Рязань, 23 ноября 2021 года. Том Часть I. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – С. 121-123. – EDN CZEXAC.

9. К вопросу исследования КПД элементов Пельтье / Д. Н. Бышов, Д. Е. Каширин, С. Н. Гобелев [и др.] // . – 2020. – № 1(45). – С. 76-80. – DOI 10.36508/RSATU.2020.45.1.013. – EDN KLTRUG.

10. Каширин, Д. Е. Обоснование условий рациональной эксплуатации коллекторных электродвигателей / Д. Е. Каширин, В. В. Павлов // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 29–30 апреля 2021 года. – Саратов: ООО "Амирит", 2021. – С. 93-98. – EDN OKFBUD.

© Каширин Д.Е., Павлов В.В., 2023

Научная статья
УДК 621.316.3

К ВОПРОСУ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ НА ОСНОВЕ СТРУКТУРЫ MESFET

Дмитрий Евгеньевич Каширин¹, Сергей Николаевич Гобелев², Илья Олегович Елисеев³

^{1,2,3} Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г.Рязань, Россия

¹kadm76@mail.ru

²gobelev@mail.ru

³eliseevforeve@yandex.ru

Аннотация. В настоящее время в условиях сельского хозяйства активно увеличивается уровень автоматизации производственных процессов. Появляется новое контрольно-измерительное оборудование. Улучшаются показатели технической надежности и функциональности производственного оборудования [1, 2, 3]. Для активации процесса создания новых технических средств необходимо модернизировать элементную базу. Полупроводниковые приборы, в основу которых положены структуры MESFET имеют свои явные преимущества. Возможность управлять структурами малыми токами и напряжениями существенно упрощает технические решения и повышает техническую надежность. Исследованию этих структур и посвящено выполняемое нами исследование.

Ключевые слова: Полупроводниковые приборы, барьер, диффузия, донор, флуктуация, бесколпачковый отжиг, акцентор, пороговое напряжение, энергетическая зона, подложка.

Для цитирования: Каширин Д.Е. К вопросу улучшения технических характеристик полупроводниковых приборов на основе структуры MESFET / Д.Е. Каширин, С.Н. Гобелев, И.О. Елисеев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

ON THE ISSUE OF IMPROVING THE TECHNICAL CHARACTERISTICS OF SEMICONDUCTOR DEVICES BASED ON THE MESFET STRUCTURE

Dmitry Evgenievich Kashirin¹, Sergey Nikolaevich Gobelev², Ilya Olegovich Eliseev³

^{1,2,3}Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹kadm76@mail.ru

²gobelev@mail.ru

³eliseevforeve@yandex.ru

Annotation. Currently, in the conditions of agriculture, the level of automation of production processes is actively increasing. There is a new control and measuring equipment. Indicators of technical reliability and functionality of production equipment are improving [1, 2, 3]. To activate the process of creating new technical means, it is necessary to modernize the element base. Semiconductor devices based on MOSFET structures have their own distinct advantages. The ability to control structures with low currents and voltages significantly simplifies technical solutions and increases technical reliability. Our research is devoted to the study of these structures.

Keywords: Semiconductor devices, barrier, diffusion, donor, fluctuation, capless annealing, accentor, threshold voltage, energy zone, substrate.

For citation: Kashirin D.E. On the issue of improving the technical characteristics of semiconductor devices based on the MESFET structure / D.E. Kashirin, S.N. Gobelev, I.O. Eliseev // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. С.М. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023

Введение. Высота барьера подложки увеличивается в зависимости от величины обратной диффузии EL2 во время отжига после легирования. Это влияет на обеднение доноров на стороне канала соединения подложки, так что напряжение, необходимое для отделения канала от барьера Ш уменьшается. Ожидаются сдвиги порогового напряжения порядка с 13 мV для приборов порогового напряжения -200 мV.

Много было сделано для характеристики концентрации EL2 в полуизолирующем, полученным методом LEC (метод Чохральского с использованием обволакивания инертной жидкостью) $GaAs^{1-3}$. Средняя EL2 концентрация меняется на пластинах, возможно из-за изменений в термальном напряжении во время роста слитка. Также наблюдали локальные флуктуации в EL2 концентрации на расстоянии 50-500 нм вокруг отдельных дислокаций и вокруг кластеров или линий дислокаций [3, 4, 5].

Эти флуктуации в EL2 концентрациях возможно объясняют флуктуации порогового напряжений в ион имплантированных MESFET.

Материалы и методы. Предприняты попытки изменения порогового напряжения в этих MESFET, где EL2 концентрация изменялась от 7 до $10 \times 10^{15} \text{ см}^{-3}$. Обнаружили линейную корреляцию; V_{th} уменьшалось на 63 mV на 10 EL2 см^{-3} , хотя величина изменений в диапазоне $3 \times 10^{15} \text{ см}^{-3}$ была такой же маленькой, как и флуктуации порогового напряжения.

В MESFET в режиме введения, на мелких глубинах, EL2 уровень оказывается над Φ уровнем, так что EL2 ионизирует, вводе электроны в канал. Требуются более отрицательные порогового напряжения для отсечки канала. Для этого механизма существуют две проблемы: 1) EL2 имеет обратную диффузию вблизи поверхности, так что несколько электронов могут быть получены от того механизма. Chen и другие предположили, что обратной диффузии нет. Потребовалась концентрация $2,5 - 5 \times 10^{16} \text{ см}^{-3}$ для объяснения наблюдаемых t° изменений пороговое напряжений. Эти EL2 концентрации больше чем бывают в объёме. 2) Даже при отсутствии обратной диффузии, этот механизм не может влиять на пороговое напряжение MESFET в режиме обогащения, так как уровень EL2 никогда не бывает над Φ уровнем для напряжения затвора выше V_{th} .

Авторы этой работы предлагают другие механизмы для EL2 влияния на пороговое напряжение, основная роль которого фиксирования высот барьера подложки [6]. Авторы не очень касались наличия EL2, а при её отсутствии, обратной диффузии.

Результаты исследования. Доказано, что для бесколпачкового отжига при избыточном давлении AlN_3 при t° 750-900 °C концентрация EL2 изменяется как [7, 8]:

$$[EL2] = [EL2]_\infty \text{erf}(x/2\sqrt{Dt}), \quad (1)$$

где $2\sqrt{Dt}$ -между 0,5 и $5 \mu\text{m}$ для 20 минут отжига.

Для других крышек наблюдали подобную длину диффузии, но более сложные профили так как большинство MESFET изготовлены с глубинами $x < 1 \mu\text{m}$ и отжигаются в течении 10-30 минут при этих t° , то EL2 обратная диффузия будет присутствовать до некоторой степени во всех ионных имплантах, отождённых в печи, MESFET

Рассмотрим диаграммы энергетической зоны с двумя возможными EL2 профилями диффузии в обратном направлении, EL2 и EL2'. Для EL2', предполагают большее время или более высокую t° . На пересечении x_0 между внедрённым мелким донором и фоновым мелким акцентором (обычно углерод

в концентрации $1 - 6 * 10^{15} \text{ см}^{-3}$ в ЛЕС $GaAl^7$, зона обеднения образуется вокруг барьера высотой $V_{зив}$, высота которого зависит от разницы между $\Delta_2 = E_C - E_F$ на стороне подложки зоны и $\Delta_1 (\cong 0,05 \text{ V})$ на стороне канала. Если концентрация EL2 больше чем концентрация акценторов на стороне подложки, то Φ уровень стремится в среднюю запрещённую зону EL2 энергетическом уровне, так что $\Delta_2 \cong 0,75 \text{ V}$ и $V_{зив} \cong 0,7 \text{ V}$. Когда EL2' меньше концентрации акценторов на стороне подложки, то Φ уровень будет ближе к валентной зоне так, что $\Delta_2 \cong V_{зив} \cong 1,2 \text{ V}$. Большая высота барьера подложки $E_{дор}$ в последнем случае толкает зону электронного обеднения к поверхности, уменьшая ширину канала, так что отсечки требуется менее отрицательные пороговые напряжения [9, 10].

Заключение. Следовательно, есть два возможных EL2 величины на пороговое напряжение [9, 10]. Если EL2 первоначально доминирует на стороне подложки, то отжиг в течении более длительного времени может сдвинуть высоту барьера подложки и следовательно V_{th} . Если время отжига при средней концентрации EL2 объёма такой, что высота барьера подложки между 0,7 и 1,2 V, то локальные флуктуации в концентрации EL2 объёма могут создавать флуктуирующие пороговые напряжения.

Список источников

1. Бочков, П. Э. Анализ способов снижения энергоёмкости сушки в конвективных сушильных установках / П. Э. Бочков, В. В. Павлов, Д. Е. Каширин // Научно-инновационные аспекты аграрного производства: перспективы развития: Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора техн. наук, профессора Н.В. Бышова, Рязань, 24 ноября 2022 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 37-41. – EDN KUQWEU.
2. Бочков, П. Э. Определение рациональных условий ассимиляционного осушения воздушного потока в сушильных установках/ П. Э. Бочков, В. В. Павлов, Д. Е. Каширин // Научно-инновационные аспекты аграрного производства: перспективы развития: Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора техн. наук, профессора Н.В. Бышова, Рязань, 24 ноября 2022 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 41-44. – EDN IFOYNL.
3. Бочков, П. Э. Определение рациональных условий осушения воздушного потока в сушильных установках замкнутого типа / П. Э. Бочков, В. В. Павлов, Д. Е. Каширин // Научно-инновационные аспекты аграрного производства: перспективы развития: Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора техн. наук, профессора Н.В. Бышова, Рязань, 24 ноября 2022 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 45-49. – EDN WATUZZT.

4. Каширин, Д. Е. Обоснование условий рациональной эксплуатации коллекторных электродвигателей / Д. Е. Каширин, В. В. Павлов // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 29–30 апреля 2021 года. Саратов: ООО "Амирит", 2021. С. 93-98. EDN OKFBUD.
5. Каширин, Д. Е. Вариационный анализ работоспособности линий электропередач напряжением 0,4 КВ / Д. Е. Каширин, В. В. Павлов // Наука, образование и бизнес: новый взгляд или стратегия интеграционного взаимодействия: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения первого Президента Кабардино-Балкарской Республики Валерия Мухамедовича Кокова, Нальчик, 14–15 октября 2021 года. Том Часть 2. г. Нальчик: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова", 2021. С. 272-276. EDN FUGGZQ.
6. Оценка экономических потерь, связанных с нарушениями в работе системы электроснабжения / А. В. Шемякин, С. Н. Борычев, Д. Е. Каширин, В. В. Павлов // Новации как стратегическое направление механизации и автоматизации сельского хозяйства: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой памяти профессора Анатолия Михайловича Лопатина (1939-2007), Рязань, 12 ноября 2021 года / ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. С. 205-209. EDN HANSBL.
7. К вопросу совершенствования методов электротехнических измерений / Д. Е. Каширин, А. В. Шемякин, С. Н. Борычев, В. В. Павлов // Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства: приоритеты и технологии : Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Николая Владимировича Бышова, Рязань, 23 ноября 2021 года. Том Часть I. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. С. 121-123. EDN CZEXAC.
8. К вопросу снижения потерь мощности в распределительной электрической сети / В. В. Павлов, А. В. Шемякин, С. Н. Борычев, Д. Е. Каширин // Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства: приоритеты и технологии : Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Николая Владимировича Бышова, Рязань, 23 ноября 2021 года. Том Часть I. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. С. 216-219. EDN POFJGC.
9. Анализ технических нарушений в распределительной электрической сети напряжением до 10 КВ / А. В. Шемякин, С. Н. Борычев, Д. Е. Каширин [и др.] // Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства: приоритеты и технологии : Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора технических наук,

профессора Николая Владимировича Бышова, Рязань, 23 ноября 2021 года. Том Часть I. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. С. 350-353. EDN JYAGHV.

10. Совершенствование условий эксплуатации устройств релейной защиты и автоматики в низковольтной электрической сети / А. В. Шемякин, С. Н. Борычев, Д. Е. Каширин, В. В. Павлов // Современное состояние и перспективы развития механизации сельского хозяйства и эксплуатации транспорта : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 95-летию доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 13 декабря 2021 года / ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. С. 124-127. EDN PUMDQE.

© Каширин Д.Е., Гобелев С.Н., Елисеев И.О., 2023

Научная статья
УДК 621.316.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ СТРУКТУР ТИПА MESFET

Дмитрий Евгеньевич Каширин¹, Сергей Николаевич Гобелев², Илья Олегович Елисеев³

^{1,2,3} Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г.Рязань, Россия

¹kadm76@mail.ru

²gobelev@mail.ru

³eliseevforeve@yandex.ru

Аннотация. В настоящее время наиболее перспективным путем создания новых технических средств является процесс математического моделирования. Использование этого процесса позволяет значительно сократить объем выполняемых экспериментов. Полупроводниковые приборы на основе MESFET структур имеют значительные преимущества, позволяющие создавать упрощенные схемы коммутации производственного оборудования. Моделированию физических процессов в MESFET структурах и посвящено выполняемое нами исследование.

Ключевые слова: зона обеднения, подложка, электронная концентрация, диффузия, локальная флуктуация, диапазон отжига, пороговое напряжение, носитель, профиль, модель.

Для цитирования: Каширин Д.Е. Моделирование рабочих процессов структур типа MESFET / Д.Е. Каширин, С.Н. Гобелев, И.О. Елисеев // Актуальные

проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

MODELING OF WORKING PROCESSES OF MOSFET-TYPE STRUCTURES

Dmitry Evgenievich Kashirin¹, Sergey Nikolaevich Gobelev², Ilya Olegovich Eliseev³

^{1,2,3}Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹kadm76@mail.ru

²gobelev@mail.ru

³eliseevforeve@yandex.ru

Annotation. Currently, the most promising way to create new technical means is the process of mathematical modeling. Using this process can significantly reduce the amount of experiments performed. Semiconductor devices based on MOSFET structures have significant advantages allowing to create simplified switching circuits of production equipment. Our research is devoted to the modeling of physical processes in MESFET structures.

Keywords: depletion zone, substrate, electron concentration, diffusion, local fluctuation, annealing range, threshold voltage, carrier, profile, model.

For citation: Kashirin D.E. Modeling of working processes of MOSFET-type structures/ D.E. Kashirin, S.N. Gobelev, I.O. Eliseev // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023

Введение. В модели с резким обеднением, авторы интегрируют зону обеднения подложки и анализируют 3-х компонентный Φ уровень на стороне подложки для определения как величины V_{th} и ширины обеднения должны удовлетворять $V_{th} = \Delta_2 - \Delta_1$. В этой модели концентрацией EL2 в зоне обеднения пренебрегают; включают только её влияние при определении позиции Φ уровня у края зоны обеднения [1, 2].

Во втором расчёте авторы решили уравнение Пуассона для концентрации электронов $n(x)$, включая мелкие доноры и акценторы, и частично ионизированную EL2. Смещения не было и как граничное условия, $d_n(x)/dx$ -нет у поверхности.

Материалы и методы. $N_D(x), N_A(x)$ и электронная концентрации $n(x)$ для различных EL2 профилей диффузии в обратном направлении. Форма имплантат донора профилей не Тоуссова, и имеет значительный хвост канала, измеренный SIMS⁹. Для h ионов имплантированных при энергиях меньших 200 eV, эти хвосты почти не зависят от ориентации пластины для углов больше

6°. Но профили электронной концентрации почти всегда Гаусовы. В аппроксимации при резком обеднении $n(x)$ исчезает для $x > x_i$, где x_i - край канала зоны обеднения подложки. В решении уравнения Пуассона, $n(x)$ не исчезает, но показывает Debye xbrt [3].

В литературе профили доноров часто сравнивают с электронными профилями, измеренными методом C-V. Хорошее соответствие методу Гаусса LSS профилям и C-V профилям, так как ионное внедрение в EL2-(или Cr-компенсируемое $GaAs$, подобно внедрению в «р» слои; донорские канальные хвосты отсекаются фоновой акценторной концентрацией.

Результаты исследования. Для EL2 профилей, используемых для расчёта электронных профилей, авторы предположили диффузию в обратном направлении с ошибкой функционального типа с const диффузией $D = 3 * 10^{-11} \text{ см}^2/\text{с}$, измеренной для 800 °С отжига с AsH_3 сверхдавлением. С

увеличением времени отжига, $V_{\text{див}}$ увеличивается от 0,7 до 1,2 V и профили электронной концентрации сужаются [4].

Решения $n(x)$, получают:

$$V_{tu} = V_{bi} - \frac{q}{\epsilon_0 \epsilon_R} \int_0^\infty x dx n(x), \quad (2)$$

где V_{bi} -высота барьера Ш.

При резком обеднении можно сначала вычислить X_t интегрируя барьер подложки. Потом получают: V_{tu}

$$V_{tu} = V_{bi} - \frac{q}{\epsilon_0 \epsilon_R} \int_0^\infty x dx [\eta N_D(x) - N_A(x)] - \Delta_1, \quad (3)$$

где t_A – времена отжига, V_{tu} быстро увеличивается при резком обеднении вблизи $t_A \cong 20$ мин.

Это точка, где EL2 концентрация падает ниже N_A на глубокой стороне зоны обеднения подложки. Для $t_A < 10$ и $t_A > 30$ мин, $V_{\text{див}}$ есть или 0,7 или 1,2 V, и V_{tu} сильно не линейно с временем обжига [5].

При решении уравнения Пуассона, изменение происходит не такое быстрое и наблюдается во всём временном диапазоне отжига, частично из-за вложения частично ионизированной EL2 из определения глубины зоны обеднения подложки. Если t_A const и EL2 концентрация объёма увеличивается, то V_{tu} уменьшается при обоих решениях. Когда концентрация EL2 объёме падает ниже 10^{16} см^{-3} , V_{tu} увеличивается $\sim 75 \text{ mV}$. Вывод-в особых случаях, локальные флуктуации в EL2 концентрациях от 3 до $20 * 10^{15} \text{ см}^{-3}$ возможно влияют на пороговые напряжения MESFET. Но величина никогда не бывает значительное для объяснения измерений Dobrillo и др.

Наибольшее влияние, рассчитанное авторами для MESFET ($V_{tu} = -200 \text{ mV}$) есть сдвиг $13 \text{ mV}/10^{-15} \text{ EL2}/\text{см}^3$ по сравнению с измеренными 63 mV . Расчёт предполагал 15 мин. отжиг при 800 °С, диффузию в обратном направлении, $D = 3 * 10^{-11} \text{ см}^2/\text{с}$, внедрённых $60 - \text{keVSi}$ ионов с $1,5 * 10^{12}$ ионами/ см^2 $\eta = 90\%$ и $N_A = 4 * 10^{15} \text{ см}^3$ [6, 7].

Величина влияния зависит от времени отжига; сдвиг меньше $5 \text{ mV}/10^{15}$ для $t_A < 10$ мин и $t_A > 25$ мин. Если бы это было главным механизмом

флуктуации порогового напряжения в MESFET, то можно было бы легко устранить предварительным отжигом пластин до внедрения, чтобы вывести EL2, используя р-слой для фиксации $V_{\text{див}}$ до 1,2 mV, или длительным отжигом всего слитка, чтобы получить однородную EL2 концентрацию [8, 9, 10].

Заключение. Сравнивая рассчитанную величину влияния EL2 с сообщёнными девиациями от стандартного порогового напряжения, авторы делают вывод, что этот механизм вероятно не самый важный для флуктуации; другая механизм-модель увеличенной активации носителей дислокаций даёт больше флуктуации.

а) Профили концентрации внедрённых N_D доноров, акценторов N_A , и два различных EL2 профиля. Заштрихованная область-области обеднения барьеров Ш и подложки [9, 10].

б) энергетическая зона для профилей EL2 и EL2`.

Профили доноров N_D акценторов N_A и рассчитанные электронной концентрации для нескольких различных EL2 профилей диффузии обратного направления при внедрении 60 – keVSi ионов дозой $2 * 10^{12}$ ион/см². (время отжига в минутах и EL2 концентрация объёма в 10^{16} см²). Положения соединения подложки x_0 и мелкий край x_1 соединения подложки при резком обеднении показаны стрелками. Внедрённый профиль – из соответствия SIMS данным.

Полученные пороговые напряжения для 60 – keVSi ионов относительно времени отжига для const. объёма EL2 и концентрации акценторов $2 * 10^{16}$ и $4 * 10^{15}$ см⁻³. в) V_{tu} относительно EL2 концентрации объёма для 20-мин отжига при 800 °C.

Список источников

1. Оценка экономических потерь, связанных с нарушениями в работе системы электроснабжения / А.В. Шемякин, С.Н. Борычев, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Новации как стратегическое направление механизации и автоматизации сельского хозяйства: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой памяти профессора Анатолия Михайловича Лопатина (1939-2007), Рязань, 12 ноября 2021 года / ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. С. 205-209. EDN HANSBL.
2. К вопросу совершенствования методов электротехнических измерений / Д.Е. Каширин, А.В. Шемякин, С.Н. Борычев, В.В. Павлов // Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства: приоритеты и технологии : Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Николая Владимировича Бышова, Рязань, 23 ноября 2021 года. Том Часть I. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. С. 121-123. EDN CZEXAC.
3. К вопросу снижения потерь мощности в распределительной электрической сети / В.В. Павлов, А.В. Шемякин, С.Н. Борычев, Д.Е. Каширин // Развитие

научно-ресурсного потенциала аграрного производства: приоритеты и технологии: Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Николая Владимировича Бышова, Рязань, 23 ноября 2021 года. Том Часть I. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. С. 216-219. EDN POFJGC.

4. Анализ технических нарушений в распределительной электрической сети напряжением до 10 КВ / А.В. Шемякин, С.Н. Борычев, Д.Е. Каширин [и др.] // Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства: приоритеты и технологии: Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Николая Владимировича Бышова, Рязань, 23 ноября 2021 года. Том Часть I. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. С. 350-353. EDN JYAGHV.

5. Совершенствование условий эксплуатации устройств релейной защиты и автоматики в низковольтной электрической сети / А.В. Шемякин, С.Н. Борычев, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Современное состояние и перспективы развития механизации сельского хозяйства и эксплуатации транспорта : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 95-летию доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 13 декабря 2021 года / ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. С. 124-127. EDN PUMDQE.

6. Исследование нелинейных искажений напряжения при работе частотного преобразователя в паре с асинхронным электродвигателем / А.В. Шемякин, С.Н. Борычев, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Научно-инновационные аспекты аграрного производства: перспективы развития: Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора техн. наук, профессора Н.В. Бышова, Рязань, 24 ноября 2022 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 219-223. – EDN UBVEZI.

7. Каширин, Д.Е. Феноменологическая модель диссипации колебаний в системе с нелинейными потерями энергии / Д.Е. Каширин, В.В. Павлов, Я.М. Глухих // Научно-инновационные аспекты аграрного производства: перспективы развития: Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора техн. наук, профессора Н.В. Бышова, Рязань, 24 ноября 2022 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 105-108. – EDN WJTZUX.

8. Бочков, П.Э. Анализ способов снижения энергоёмкости сушки в конвективных сушильных установках / П.Э. Бочков, В.В. Павлов, Д.Е. Каширин // Научно-инновационные аспекты аграрного производства: перспективы развития: Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора техн. наук,

профессора Н.В. Бышова, Рязань, 24 ноября 2022 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 37-41. – EDN KUQWEU.

9. Каширин, Д.Е. Обоснование условий рациональной эксплуатации коллекторных электродвигателей / Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Актуальные проблемы энергетики АПК : Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 29–30 апреля 2021 года. Саратов: ООО "Амирит", 2021. С. 93-98. EDN OKFBUDU.

10. Каширин, Д.Е. Вариационный анализ работоспособности линий электропередач напряжением 0,4 КВ / Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Наука, образование и бизнес: новый взгляд или стратегия интеграционного взаимодействия : Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения первого Президента Кабардино-Балкарской Республики Валерия Мухамедовича Кокова, Нальчик, 14–15 октября 2021 года. Том Часть 2. г. Нальчик: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова", 2021. С. 272-276. EDN FUGGZQ.

© Каширин Д.Е., Гобелев С.Н., Елисеев И.О., 2023

Научная статья
УДК 621.316.3

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК JBS ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

Дмитрий Евгеньевич Каширин¹, Сергей Николаевич Гобелев², Илья Олегович Елисеев³

^{1,2,3} Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г.Рязань, Россия

¹kadm76@mail.ru

²gobelev@mail.ru

³eliseevforeve@yandex.ru

Аннотация. Данная работа-аналитическое решение характеристик проводимости прямом направлении и обратной утечки выпрямителей. Наблюдали хорошее соответствие между вычислительными выходными характеристиками и экспериментальными измерениями на приборах с различной глубиной перехода и высотой Ш барьера. Полученные уравнения важны для анализа и расчета мощных *JBS* выпрямителей.

Ключевые слова: выпрямитель, ток утечки, высота барьера, транзистор, эпитаксиальный слой, плотность тока, слой обеднения, диффузионная область, прибор, носитель.

Для цитирования: Каширин Д.Е. Совершенствование рабочих характеристик JBS выпрямителей / Д.Е. Каширин, С.Н. Гобелев, И.О. Елисеев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

IMPROVING THE PERFORMANCE OF JBS RECTIFIERS

Dmitry Evgenievich Kashirin¹, Sergey Nikolaevich Gobelev², Ilya Olegovich Eliseev³

^{1,2,3} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹kadm76@mail.ru

²gobelev@mail.ru

³eliseevforeve@yandex.ru

Annotation. This work is an analytical solution of the forward direction conductivity and reverse leakage characteristics of rectifiers. A good correspondence was observed between the computational output characteristics and experimental measurements on

devices with different transition depth and barrier height. The obtained equations are important for the analysis and calculation of powerful JBS rectifiers.

Keywords: rectifier, leakage current, barrier height, transistor, epitaxial layer, current density, depletion layer, diffusion region, device, carrier.

For citation: Kashirin D.E. Improving the performance of JBS rectifiers / D.E. Kashirin, S.N. Gobelev, I.O. Eliseev // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023

Введение. *JBS* выпрямитель получили для подавления тока утечки в выпрямителях с Ш барьером [1, 2]. Прибор состоит из Ш выпрямителя с переходной сеткой в области дрейфа. При смещении в прямом направлении через выпрямитель слой обеднения на переходе уменьшается. Это позволяет току протекать между анодом и катодом через каналы между переходами. При обратном смещении через выпрямитель слой увеличивается. Это создает потенциальный барьер для электронов под Ш барьером после того как слои обеднения соседних переходов пересекутся. Это явление подобно явлению, используемому для достижения блокировки в прямом направлении в полевых р транзисторах с вертикальным канальным переходом, теристорах с контрольным полем, и транзисторах с "р – n" переходом и вертикальным каналом [3, 4, 5]. При слиянии слоев обеднения Ш барьер защищен от катодного напряжения. Это предохраняет Ш барьер от снижения, что обычно происходит вовремя обратного смещения, приложенного к Ш выпрямителем. Большое увеличение тока утечки, обычно наблюдали в Ш выпрямителях при высоких обратных напряжениях и таким образом, оно отсутствует в *JBS* выпрямителях.

В этой работе представлены аналитические законченные решения проводимости в прямом направлении и характеристики утечки *JBS* выпрямителей. Эти решения были подтверждены используя измеренные данные, полученные от *JBS* выпрямителей с различными высотами Ш барьера, Эти результаты пригодны для анализа и расчета этих приборов.

Материалы и методы. Проводимость в прямом направлении. Характеристики проводимости *JBS* выпрямителя можно получить с помощью теории Ш барьера, основанную на термоэлектронной эмиссии для моделирования потока тока через М-П барьер и потом отвечающую за последовательное сопротивление эпитаксиального слоя, включая действие растекающегося сопротивления из-за наличия сетки перехода. Геометрические параметры для выполнения этого анализа, "S" -диффузионное окно; *m*-размер диффузионной маски. Здесь предполагается строчечная(полосовая) геометрия длины. Могут быть смоделированы и другие геометрии. "р"-переходы для получения потенциального барьера во время обратного блокирования имеют глубину x_i . Боковая диффузия вместе с "m" определяет путь потока тока ($2d$) и предлагается = 85% вертикальной глубины [6, 7, 8, 9]. При проводимости в прямом направлении слой обеднения перехода " ω " есть

$$\omega = \sqrt{\frac{2E_s}{qN} * (V_{bi} - V_F)} \quad (1)$$

где E_s -диэлектрич. const; q -заряд электрона, -легирование эпитаксального слоя; V_{bi} -потенциал перехода; V_F -прямое (переднее) напряжения на переходе.

Площадь Ш барьера по которой проходит ток, есть $A = 2d = (m - 2\omega - 1,7x_i)$. Основываясь на модели о термоэлектронной эмиссии [10] и пренебрегая инжекцией неосновных носителей, падение прямого напряжения на Ш. барьер для данной плотности прямого тока J_{FS} есть

$$V_{FS} = \Phi_B + \frac{kT}{q} * \ln\left(\frac{J_{FS}}{A^*T^2}\right), \quad (2)$$

где Φ_B - высота барьера; T - абсолютная t° ; k - const Boltzmann; A^* -const Richardsona.

Результаты исследования. Для анализа важно рассмотреть плотность тока элемента J_{FS} . Плотность тока объясняет мертвое пространство, созданное p^+ диффузионными областями и необходима для расчета размера прибора, необходимого для достижения характеристики данного тока. Для геометрии $J_{FS}^2((m + S)/2d)J_{FC}$. Используя это в уравнении (2), падение напряжения есть

$$V_{FS} = \Phi_B + \frac{kT}{q} * \ln\left[\left(\frac{m+S}{2d}\right) * \frac{J_{FC}}{A^*T^2}\right] \quad (3)$$

Вклад в падение прямого напряжения из сопротивления эпитаксиального слоя можно получить, учитывая ток растекания. Моделирование тока в полевом транзисторе с вертикальным каналом, высоким напряжением [5] показывает, что последовательное напряжение) эпитаксиального слоя можно получить

$$R_{epi} = p * \frac{(x_i+t)(m+S)}{(m+S-2d)} * \ln\left(\frac{m+S}{2d}\right), \quad (4)$$

где t - толщина слоя обеднения ,необходимая для получения напряжения пробоя в JBS выпрямителе. Так как падение напряжения через эпитаксиальный слой оказывается последовательным с падением напряжения через Ш бартер, то падение напряжения JBS выпрямителя можно получить

$$V_F = \Phi_B + \frac{kT}{q} * \ln\left[\left(\frac{m+S}{2d}\right) * \frac{J_{FC}}{A^*T^2}\right] + p * \frac{(x_i+t)(m+S)}{(m+S-2d)} * \ln\left(\frac{m+S}{2d}\right)J_{FC} . \quad (5)$$

Это уравнение не дает законченной формы аналитического решения прямых характеристик из-за зависимости $2d$ от V_F см. ур.1), Но JBS выпрямитель предназначен для относительно низкого смещения в прямом направлении ($< 0,4 V$). При этом изменив в $2d$ с увеличением V_F мало и этим можно пренебречь. Это упрощение позволяет рассчитать 1 - 5 характеристики сразу из уравнения (5).

Заключение. Были получены аналитические решения прямых и обратных характеристик JBS выпрямителей. Эти решения экспериментально проверили на приборах с 2 глубинами перехода для различных высот Ш барьера. Эти аналитические решения дают простое и быстрое руководство для расчета JBS выпрямителей. Например, они позволяют проанализировать геометрию прибора по выходным характеристикам.

Список источников

1. К вопросу снижения потерь мощности в распределительной электрической сети / В.В. Павлов, А.В. Шемякин, С.Н. Борычев, Д.Е. Каширин // Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства: приоритеты и технологии: Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Николая Владимировича Бышова, Рязань, 23 ноября 2021 года. Том Часть I. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. С. 216-219. EDN POFJGC.
2. Анализ технических нарушений в распределительной электрической сети напряжением до 10 КВ / А.В. Шемякин, С.Н. Борычев, Д.Е. Каширин [и др.] // Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства: приоритеты и технологии: Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Николая Владимировича Бышова, Рязань, 23 ноября 2021 года. Том Часть I. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. С. 350-353. EDN JYAGHV.
3. Совершенствование условий эксплуатации устройств релейной защиты и автоматики в низковольтной электрической сети / А.В. Шемякин, С.Н. Борычев, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Современное состояние и перспективы развития механизации сельского хозяйства и эксплуатации транспорта : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 95-летию доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 13 декабря 2021 года / ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. С. 124-127. EDN PUMDQE.
4. Исследование нелинейных искажений напряжения при работе частотного преобразователя в паре с асинхронным электродвигателем / А.В. Шемякин, С.Н. Борычев, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Научно-инновационные аспекты аграрного производства: перспективы развития: Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора техн. наук, профессора Н.В. Бышова, Рязань, 24 ноября 2022 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 219-223. – EDN UBYEZI.
5. Каширин, Д.Е. Феноменологическая модель диссипации колебаний в системе с нелинейными потерями энергии / Д.Е. Каширин, В.В. Павлов, Я.М. Глухих // Научно-инновационные аспекты аграрного производства: перспективы развития: Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора техн. наук, профессора Н.В. Бышова, Рязань, 24 ноября 2022 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 105-108. – EDN WJTZUX.
6. Бочков, П.Э. Анализ способов снижения энергоёмкости сушки в конвективных сушильных установках / П.Э. Бочков, В.В. Павлов, Д.Е. Каширин

// Научно-инновационные аспекты аграрного производства: перспективы развития: Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора техн. наук, профессора Н.В. Бышова, Рязань, 24 ноября 2022 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 37-41. – EDN KUQWEU.

7. Каширин, Д.Е. Обоснование условий рациональной эксплуатации коллекторных электродвигателей / Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 29–30 апреля 2021 года. Саратов: ООО "Амирит", 2021. С. 93-98. EDN OKFBDU.

8. Каширин, Д.Е. Вариационный анализ работоспособности линий электропередач напряжением 0,4 КВ / Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Наука, образование и бизнес: новый взгляд или стратегия интеграционного взаимодействия: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения первого Президента Кабардино-Балкарской Республики Валерия Мухамедовича Кокова, Нальчик, 14–15 октября 2021 года. Том Часть 2. г. Нальчик: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова", 2021. С. 272-276. EDN FUGGZQ.

9. Оценка экономических потерь, связанных с нарушениями в работе системы электроснабжения / А.В. Шемякин, С.Н. Борычев, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Новации как стратегическое направление механизации и автоматизации сельского хозяйства: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой памяти профессора Анатолия Михайловича Лопатина (1939-2007), Рязань, 12 ноября 2021 года / ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. С. 205-209. EDN HANSBL.

10. К вопросу совершенствования методов электротехнических измерений / Д.Е. Каширин, А.В. Шемякин, С.Н. Борычев, В.В. Павлов // Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства: приоритеты и технологии: Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Николая Владимировича Бышова, Рязань, 23 ноября 2021 года. Том Часть I. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. С. 121-123. EDN CZEXAC.

© Каширин Д.Е., Гобелев С.Н., Елисеев И.О., 2023

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ОТКЛЮЧЕНИЙ И ОТКЛОНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА ВВОДАХ СЕЛЬСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Егор Дмитриевич Колчин¹, Оксана Владимировна Логачёва², Дмитрий Юрьевич Сохинов³

^{1,2} Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов

³ Московский государственный университет пищевых производств, г. Москва

¹ dmitriy-v.1974@mail.ru <https://orcid.org/0009-0005-5833-1747>

² sgauoksana@mail.ru <https://orcid.org/0009-0004-2906-3141>

³ dmitrysokhinov@gmail.com <https://orcid.org/0009-0000-0030-8580>

Аннотация. В статье рассмотрена система мониторинга отключений и отклонения напряжения на вводах сельских потребителей, позволяющая производить мониторинг основных параметров, характеризующих надежность электроснабжения и качество электроэнергии.

Ключевые слова: электрическая сеть, надежность электроснабжения, качество электроэнергии, мониторинг.

Для цитирования: Колчин Е.Д. Система мониторинга отключений и отклонения напряжения на вводах сельских потребителей / Е.Д Колчин, О.В Логачёва, Д.Ю. Сохинов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

MONITORING SYSTEM OF OUTPUTS AND VOLTAGE DEFINATION AT RURAL CONSUMERS INLET

Egor Dmitrievich Kolchin¹, Oksana Vladimirovna Logacheva², Dmitry Yurievich Sokhinov³

^{1,2}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

³Moscow State University of Food Production, Moscow, Russia

¹ dmitriy-v.1974@mail.ru <https://orcid.org/0009-0005-5833-1747>

² sgauoksana@mail.ru <https://orcid.org/0009-0004-2906-3141>

³ dmitrysokhinov@gmail.com <https://orcid.org/0009-0000-0030-8580>

Annotation. The article considers a system for monitoring outages and voltage deviations at the inputs of rural consumers, which allows monitoring the main parameters that characterize the reliability of power supply and the quality of electricity.

Keywords: electrical network, power supply reliability, power quality, monitoring.

For citation: Kolchin E.D. Monitoring system of outputs and voltage defination at rural consumers inlet/ E.D. Kolchin, O.V. Logacheva, D.Yu. Sokhinov // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. С.М. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023

Введение. Качество электроэнергии наравне с надежностью электроснабжения является одной из важнейших характеристик электрических систем. Ухудшение качества электроэнергии обусловлено технологическими процессами производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии. Эти процессы всегда сопровождаются технологическими потерями с повышением уровня электромагнитных помех, поэтому в любой действующей системе электроснабжения качество электроэнергии не может быть идеальным. Задача, как потребителей, так и поставщиков электрической энергии заключается в поддержании качества электрической энергии в заданных пределах.

На сегодняшний момент разработка способов мониторинга качества электроэнергии стала актуальной и перспективной задачей, что произошло за счёт развития технологий, связанных с совершенствованием точности измерения, способов передачи информации, а также её анализа.

Материалы и методы. Согласно [2, 7] время восстановления электроснабжения после отказов складывается из следующих составляющих: время получения информации, время на распознавание информации, время на ремонт, время на согласование включения и включение. Интервал времени получения информации можно сократить применением системы мониторинга контролируемой сети. Система мониторинга автоматически сообщает диспетчеру об отключениях на конкретных участках электрической сети, учитывает количество и продолжительность данных отключений. Датчики такой системы мониторинга отключений в электрической сети могут располагаться на вводе потребителей или в нескольких точках сети, например в начале, середине и конце линии электропередачи, а также на шинах трансформаторной подстанции в зависимости от возможного ущерба от недоотпуска электроэнергии потребителям.

Ниже приведен способ мониторинга отключений с помощью установки датчиков мониторинга на вводах потребителей [3]. Данные датчики могут быть отдельными устройствами или интегрированными в счётчики электрической энергии. На рисунке 1 изображена схема датчика учета количества и продолжительности отключений (УККПО).

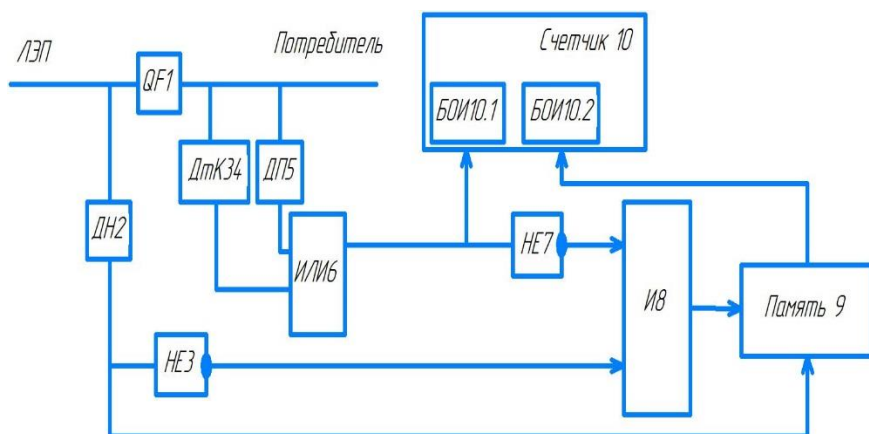


Рисунок 1 - Устройство контроля количества и продолжительности отключений

Схема датчика содержит автоматический выключатель QF1, датчик напряжения ДН2, датчик короткого замыкания ДТКЗ4, датчик перегрузки ДП5, счётчик электроэнергии с блоком обработки информации - Счётчик 10, элемент НЕ3, НЕ7, элемент ИЛИ 6, элемент И8, Память 9, Элемент БОИ10.1, элемент БОИ10.2.

В нормальном режиме работы напряжение присутствует в линии электропередачи, перегрузка или короткое замыкание отсутствует во внутренней сети потребителя, в результате чего на выходе датчика напряжения ДН 2 сигнал присутствует, а на выходах элементов ДТК 34 и ДП 5 отсутствует. В этом случае на выходе элемента ИЛИ 6 сигнал отсутствует, а элемент НЕ 7 подает сигнал на элемент И8. Так как на датчике напряжения ДН 2 сигнал присутствует, на выходе элементе НЕ3 сигнал отсутствует. Элемент И8 не подает сигнал на память 9. Сигнал на память 9 будет подана только в том случае, когда будут два сигнала от элементов НЕ 3 и НЕ 7. При этом сигнал с выхода датчика напряжения ДН2 подается на сброс элемента Память 9. Схема не запускается.

В момент исчезновения напряжение на вводе потребителя пропадает сигнал с выхода элемента ДН 2 и, соответственно, появляется сигнал на выходе НЕ 3, который подается на элемент И 8. Так как сигналы на выходах датчика тока короткого замыкания ДТКЗ 4 и датчика перегрузки ДП 5 отсутствуют, то на элементе И 8 присутствуют два сигнала от элементов НЕ 3 и НЕ 7, приводящая к включению элемента И 8, который будет запомнен элементом Память 9 и передан в счетчик электроэнергии, а именно в блок обработки информации БОИ 10.2. БОИ 10.2 запоминает факт отключения и его продолжительность. Сигнал об отключении передается по информационному каналу на серверы электросетевой компании, где производится обработка данной информации для дальнейшего её использования. При восстановлении напряжения на линии электропередачи, датчик ДН 2 зафиксирует его наличие и «сбросит» элемент ПАМЯТЬ 9, схема вернется в исходное состояние. Диаграмма сигналов на выходах элементов данного устройства при отключении напряжения на вводе потребителя приведена на рисунке 2.

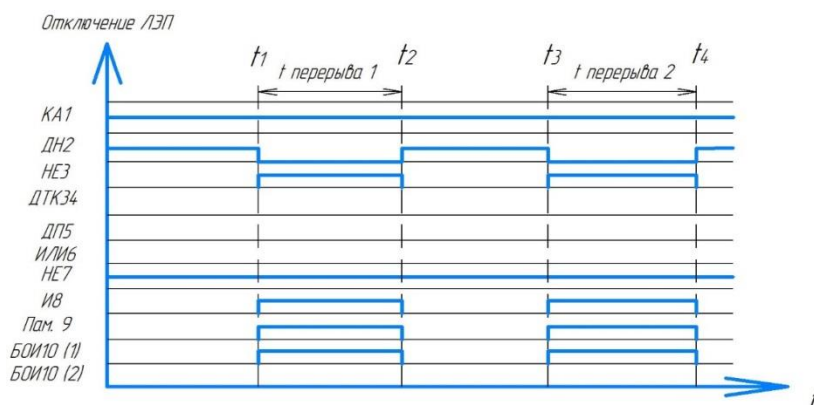


Рисунок 2 – Диаграмма сигналов на выходе элементов УККПО при отключении напряжения на вводе потребителя

В случае, если во внутренней сети потребителя появляется ток КЗ, а напряжение в ЛЭП не исчезает, схема работает следующим образом. Появление тока КЗ фиксируется датчиком короткого замыкания ДТКЗ 4, подающий сигнал на элемент ИЛИ 6, который передает сигнал на элемент НЕ 7 и в блок обработки информации БОИ 10.1, фиксирующий факт короткого замыкания во внутренней сети потребителя и его длительность. В то же самое время сигнал на выходе элемента НЕ 7 будет отсутствовать во время тока к.з. или перегрузки. А так как короткое замыкание во внутренней сети потребителя вызовет провал напряжения на вводе, то на выходе датчика ДН 2 сигнал исчезнет, в то время как на выходе элемента НЕ 3 он появится и будет подан на один из входов элемента И 8. Но так как сигнала на втором входе отсутствует, элемент И 8 не включится и сигнала на его выходе не появится. После срабатывания коммутационного аппарата короткое замыкание исчезнет, а за ним и сигнал с выхода ДТКЗ 4. В это время уровень напряжения на вводе восстановится, появится сигнал на выходе ДН 2 и элемент НЕ 3 не включится. Элемент И 8, в таком случае, снова не сработает. Таким образом, блок обработки информации БОИ 10.1 зафиксирует факт короткого замыкания во внутренней сети потребителя без отключения напряжения на вводе. Диаграмма сигналов на выходах элементов данного устройства при коротком замыкании во внутренней сети потребителя приведена на рисунке 3.

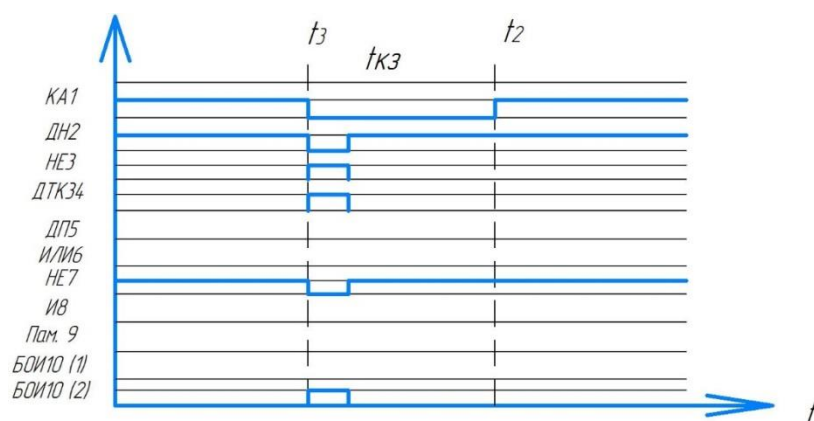


Рисунок 3 – Диаграмма сигналов на выходе элементов УККПО при коротком замыкании во внутренней сети потребителя

Результаты исследования. Система мониторинга надежности электроснабжения и качества электроэнергии [1, 6, 8] позволяет осуществлять как контроль количества и продолжительности отключений, так и контроль количества и продолжительности отклонения напряжения более установленного значения. Это даёт возможность выполнить способ стимулирования к повышению надёжности электроснабжения и качества электроэнергии, а фактически – механизм компенсации за превышение времени отключений выше допустимого и за превышение времени отклонения напряжения выше допустимого. Суть способа в следующем: нормируются значения соответствующих интервалов времени за заданный промежуток времени, например, допустимое время перерывов в электроснабжении за год, допустимое время несоответствия качества электроэнергии за год, фиксируются фактические их значения, сравниваются с допустимыми, в случае, если фактические значения больше допустимых, то осуществляются экономические санкции к нарушителю, будь то энергоснабжающая организация или потребитель (рисунок 4).

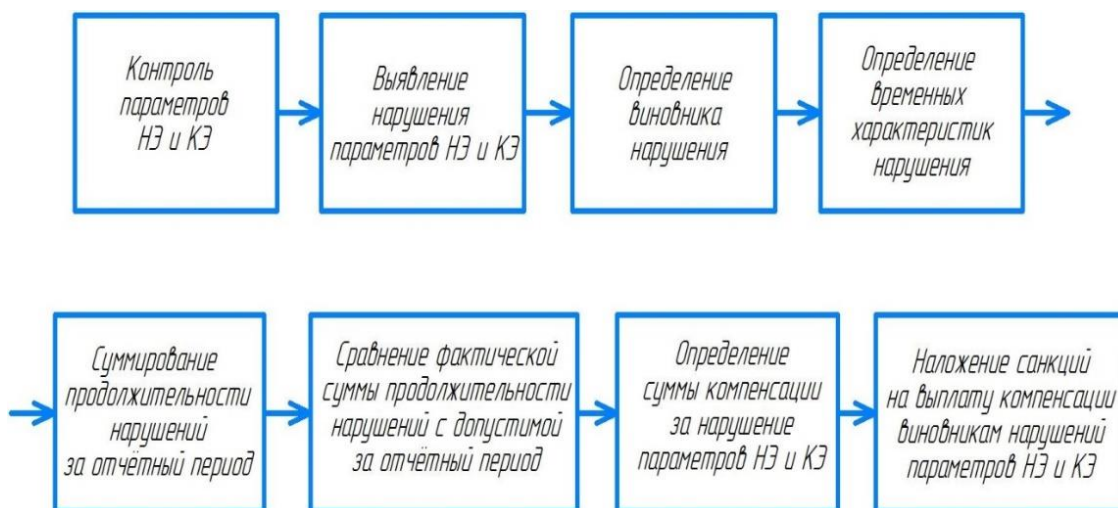


Рисунок 4 - Блок-схема функционального блока определения суммы компенсации за нарушения параметров НЭ и КЭ

Заключение. Рассмотренная система мониторинга отключений и отклонения напряжения на вводах сельских потребителей позволяет производить мониторинг основных параметров, характеризующих надежности электроснабжения и качество электроэнергии. Данная система позволяет ориентировочно сократить на один час время на получение информации о повреждении и ориентировочно на один час время на определение места и вида повреждения. Таким образом, время восстановления в среднем возможно сократить на 2 часа. В случае использования системы мониторинга отключений и отклонения напряжения совместно с регулированием напряжения в сети к эффекту сокращения времени восстановления добавится ряд эффектов, достигаемых соблюдением режима напряжения в сети, не отклоняющегося за пределы нормативных значений.

Список источников

1. Виноградов, А. В. Система контроля надежности электроснабжения и качества электроэнергии в электрических сетях 0,38 кВ / А.В. Виноградов, М.В. Бородин, А.В. Виноградова, А.О. Селезнева, В.Е. Большев // Промышленная энергетика. – 2018. – №. 3. – С. 14-18. – EDN XOWAKD
2. Виноградов, А.В. Анализ времени перерывов в электроснабжении сельских потребителей и методы его сокращения за счет мониторинга технического состояния линий электропередачи / А.В. Виноградов, А.Н. Васильев, А.Е. Семенов, А.Н. Синяков, В.Е. Большев // Вестник ВИЭСХ. - 2017. - № 2(27). - С. 3-11. – EDN ZEOGKZ
3. Виноградов, А.В. Устройства и система мониторинга надежности электроснабжения и отклонения напряжения в электрических сетях 0,38 кВ / А.В. Виноградов, А.В. Виноградова, В.Е. Большев // Вестник НГИЭИ. – 2017. - № 11(78). – С. 69-81. – EDN ZWPRFZ
4. Лошкарев, И. Ю. Стратегии технического обслуживания и ремонта асинхронных двигателей / И.Ю. Лошкарев, О.В. Логачева, А.В. Волгин // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК, материалы VIII международной научно-практической конференции. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2017 – С. 162-164. – EDN ZQZBII
5. Спиридонов, А.А. Прогнозирование технического состояния электрооборудования / А.А. Спиридонов, О.В. Логачева // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК, материалы VII международной научно-практической конференции. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2016 – С. 222-223. – EDN XGQRPWH
6. Спиридонов, А.А. Стоимостный подход к капитальному ремонту электрооборудования / А.А. Спиридонов, О.В. Логачева // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК, материалы VII международной научно-практической конференции. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2016 – С. 219-221. – EDN XGQPVX
7. Спиридонов, А.А. К вопросу оптимизации надежности электрических систем / А.А. Спиридонов, О.В. Логачева // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК, материалы VII международной научно-практической конференции. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2016 – С. 266-268. – EDN UEEIRV
8. Сохинов, Д. Ю. Надежность функционирования электрических систем / Д.Ю. Сохинов, О. В. Логачёва // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы X Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. В. А. Трушкина. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2019 – С. 208-211. – EDN NRSOCS

@ Колчин Е.Д., Логачёва О.В., Сохинов Д.Ю., 2023

Научная статья
УДК 628.97

ВЫБОР ИСТОЧНИКА ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ЗЕЛЕНИ В ЭКОБОКСЕ

Александр Юрьевич Корнилов¹, Сергей Владимирович Бахтеев²

^{1,2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹svlnrk@yandex.ru <https://orcid.org/0009-0003-5496-6388>

²sergey678s64@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-2840-2306>

Аннотация. В статье рассматриваются особенности источников излучения для выращивания зелени в экобоксе. Основное внимание уделяется выбору оптимального источника, описаны преимущества и недостатки, особенности расположения и использования.

Ключевые слова: экобокс, гроубокс, мини теплица, выращивание зелени, источник излучения, источник света.

Для цитирования: Корнилов, А.Ю. Выбор источника излучения для выращивания зелени в экобоксе / А.Ю. Корнилов, С.В. Бахтеев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

CHOICE OF RADIATION SOURCE FOR GROWING GREEN IN ECOBOX

Alexander Yurievich Kornilov¹, Sergei Vladimirovich Bakhteev²

^{1,2}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering. N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹svlnrk@yandex.ru <https://orcid.org/0009-0003-5496-6388>

²sergey678s64@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-2840-2306>

Annotation. The article discusses the features of radiation sources for growing greenery in an ecobox. The main attention is paid to the choice of the optimal source, the advantages and disadvantages, features of location and use are described.

Keywords: ecobox, growbox, mini greenhouse, greenery cultivation, radiation source, light source.

For citation: Kornilov, A.Yu. Choice of radiation source for growing green in ecobox / A.Yu. Kornilov, S.V. Bakhteev // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. C.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023

Введение. В последнее время выращивание зелени в домашних условиях становится все более популярным. Одним из важных факторов, влияющих на

рост и формирование растения является освещением. Научные исследования показывают, чтобы растения развивались «правильно», им нужна комбинация разных спектров излучения.

Материалы и методы. Каждый спектр по-особому влияет на рост и развитие растения, так, к примеру, красный максимизирует интенсивность фотосинтеза, однако, его использование в одиночку вызывает гибель растения или нарушение развития, поскольку выработка хлорофилла ухудшается без каротиноидов, вызывая снижение фиксации CO₂ (рис. 1). Чувствительность устьиц к свету и ферменту Рубиско также снижается, что снижает плотность и проводимость устьиц [1].

Синий спектр оказывает противоположный эффект на растения, замедляет их рост, но оказывает благоприятное влияние на корневую систему, не позволяя растениям слишком сильно вытягиваться вверх. Добавление небольшого количества синего спектра к чистому красному, нейтрализует большинство негативных эффектов, увеличивая интенсивность фотосинтеза и производство сухого вещества.

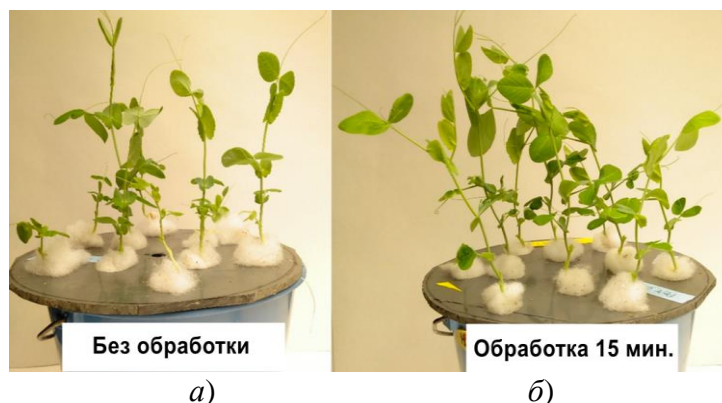


Рисунок 1 – Растения гороха: а) без обработки; б) после 15-минутной обработки семян красным спектром

Следовательно, манипулирование спектрами излучения можно оказывать влияние на качество, скорость роста и количество зеленых культур. Приспосабливая спектр к конкретным потребностям каждой культуры, можно оптимизировать фотосинтез, повышать урожайность и улучшать содержание питательных веществ.

Результаты исследования. Работу источников излучения в экобоксе целесообразно автоматизировать. Лампы должны быть установлены на специальной платформе и иметь возможность автоматической смены положения по высоте, так как разные растения требовательны к расстоянию до ламп (рис. 2). Растения должны находиться под источником излучения в течении 12-14 часов в сутки.

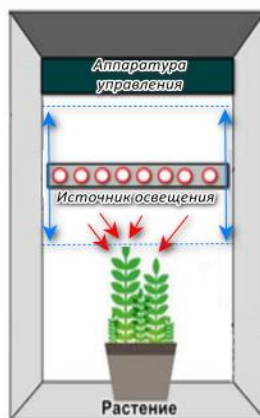


Рисунок 2 – Регулирование источника излучение в экобоксе по высоте

Конструкция экобокса подразумевает наличие небольших габаритов, следовательно, использование источников излучения, применяемых в теплицах, имеет ограничения [2]. Немаловажными факторами являются стоимость, надежность, долговечность и экономичность. Исходя из этих условий и будет осуществляться выбор источников.

Лампы ДНаТ

Натриевые лампы являются наиболее часто используемым искусственным источником излучения для выращивания растений. ДНаТ имеет сравнимую эффективность только при использовании ламп большой мощности (600-1000 Вт). Данный тип ламп хорошо подходит для крупного тепличного хозяйства. Малое количество синих лучей в спектре ламп компенсируется их высоким количеством в естественном свете, особенно зимой (цветовая температура неба достигает 15000 К), это как раз ситуация с теплицами, когда досветка включается утром и вечером, а днем используется естественное освещение [1].

Из рис. 3 видно, что эффективность натриевого светильника сильно зависит от мощности и достигает максимума при 600 Вт. Характерное оптимистичное значение YPF для натриевого светильника 600-1000 Вт составляет 1,5 эфф. мкмоль/Дж. Натриевые светильники 70-150 Вт имеют в полтора раза меньшую эффективность.

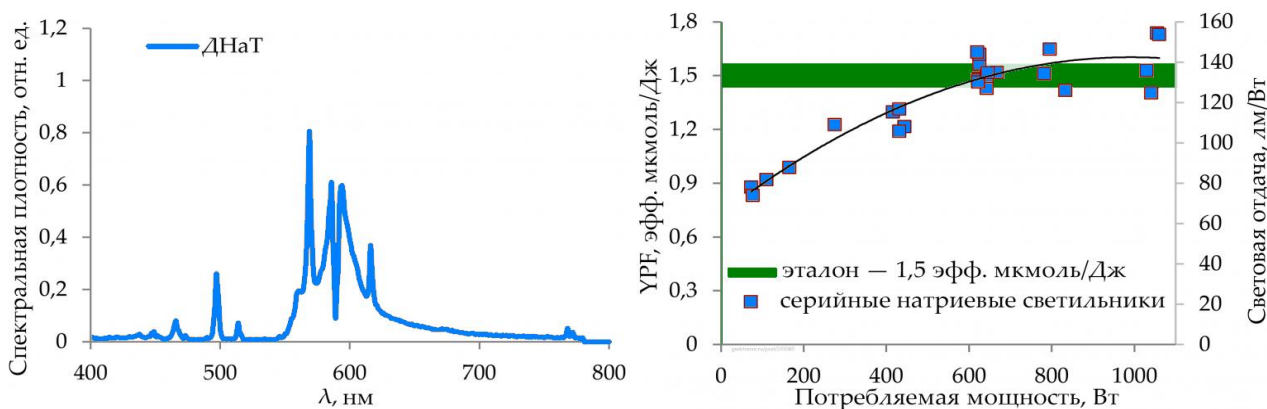


Рисунок 3 – Спектр фотосинтетического активного излучения ламп ДНаТ

Фитолампы

Фитолампа – это особый тип лампы, которая дает растениям спектр, необходимый им для роста. Она использует светодиоды для излучения света, которые растения могут использовать для более быстрого и здорового роста. Спектр подобран таким образом, чтобы помочь с фотосинтезом, при этом яркость и время работы лампы можно изменить. Энергетическая эффективность света в листе определяется кривой «McCree 1972» (рис. 4). [3]

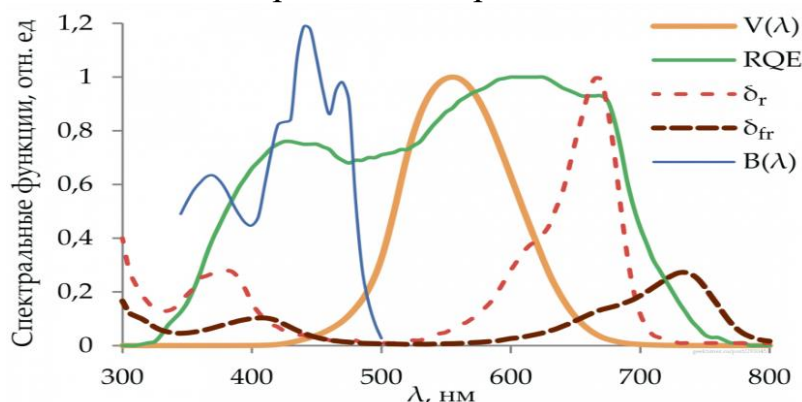


Рисунок 4 – Зависимость спектральной функции от длины волны: где $V(\lambda)$ – кривая видности для человека; RQE – относительная квантовая эффективность для растения (McCree 1972); σ_r и σ_{fr} – кривые поглощения фитохромом красного и дальнего красного спектра; $B(\lambda)$ – фототропическая эффективность синего спектра

Красный спектр лучше всего действует на растения и в 1,5 раза эффективнее зеленого. Однако, когда мы смотрим на общую эффективность, разница становится менее заметной. Иногда зеленый спектр может даже помочь растениям лучше расти, позволяя спектру проходить через листья к нижним частям растения. Это может увеличить площадь растения, которая может получать спектр, и привести к лучшему созреванию.

Светодиоды

Использование светодиодов для облучения растений – это распространенная форма внутреннего садоводства, которая обеспечивает искусственный спектр для растений, позволяя им расти и развиваться в местах с ограниченным доступом к естественному солнечному спектру. Светодиоды можно настроить так, чтобы они излучали спектр с определенной длиной волны, оптимальной для роста растений, а их энергоэффективность и длительный срок службы делают их популярным выбором для выращивания в помещении [4].

Белые светодиоды можно использовать для облучения растений, но спектр излучаемого света может быть не оптимальным для фотосинтеза. Важно выбирать светодиоды со сбалансированным спектром, включающим синие и красные длины волн, поскольку они наиболее эффективны для фотосинтеза.

Различия в спектре белых диодов с одной цветопередачей и одной цветовой температурой едва уловимы. Следовательно, можем оценивать спектрзависимые параметры всего лишь по цветовой температуре,

цветопередаче и световой эффективности – параметрам, которые написаны у обычного светильника белого света на этикетке.

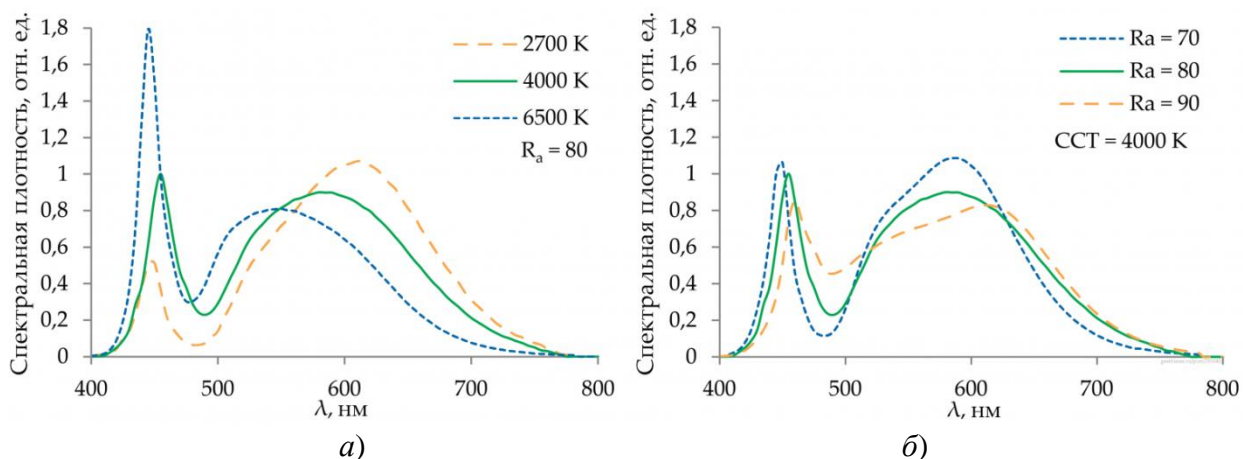


Рисунок 5 – Спектры белого светодиодного света с одной цветопередачей, но разной цветовой температурой КЦТ (а) и с одной цветовой температурой и разной цветопередачей R_a (б)

Заключение. Исходя из требований к выбору источника излучения для экобокса, оптимальным вариантом будут являться белые светодиоды, поскольку соответствуют поставленным ранее условиям. Однако, есть ряд некоторых особенности, на которые стоит обратить внимание, а именно:

1. В спектре всех белых светодиодов даже с низкой цветовой температурой и с максимальной цветопередачей, как и у натриевых ламп, крайне мало дальнего красного (рис. 6).

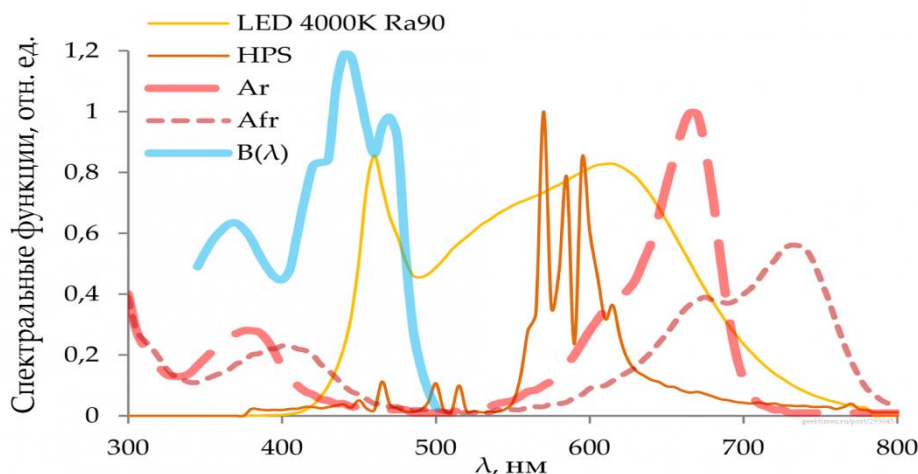


Рисунок 6 – Спектр белого светодиодного (LED 4000K $R_a = 90$) и натриевого света (HPS) в сравнении со спектральными функциями восприимчивости растения к синему (B), красному (A_r) и дальнему красному (A_{fr})

В природе, когда растение покрыто листьями других растений, оно получает больше дальнего красного света, чем ближнего. Это заставляет светлюбивые растения, такие как помидоры, вытягиваться вверх, что называется «синдромом избегания тени», чтобы увеличить рост и урожайность.

Однако, если растение подвергается воздействию белых светодиодов или натриевого света, оно не чувствует себя в тени и не будет вытягиваться вверх.

2. Синий спектр нужен для реакции «слежение за солнцем» (рис. 7). Эффект фототропизма – разворот листьев и цветов, вытягивание стеблей на синюю компоненту белого света.



Рисунок 7 – Фототропизм (иллюстрация из «Википедия»)

Один ватт белого светодиодного спектра с температурой 2700 К содержит в два раза больше фитоактивного синего компонента по сравнению с одним ваттом натриевого спектра. Доля фитоактивного синего в белом спектре увеличивается с увеличением цветовой температуры. Если нужно, например, декоративные цветы развернуть в сторону людей, их следует подсветить с этой стороны интенсивным холодным светом, и растения развернутся.

3. Светодиоды с цветовой температурой 4000 К являются наиболее эффективными, а светодиодная лампа мощностью 100 Вт дает на 43% больше фитоактивного излучения, чем лампа ДНаТ. Светодиоды также дешевле ламп ДНаЗ. Для выращивания зелени на подоконнике или в экокбоксе, лучшим вариантом будут белые светодиоды, которые дадут отличное и экономичное освещение в течение длительного времени [4].

На рис. 8 видно, что обычный светильник общего назначения со снятым рассеивателем при освещении растений по энергетической эффективности не уступает специализированной натриевой лампе. Также по спектрам видно, что красно-синий фитосветильник не узкополосен, его красный «горб» широк и содержит гораздо больше дальнего красного, чем у белого светодиодного и натриевого светильника. В тех случаях, когда дальний красный необходим, использование такого светильника как единственного или в комбинации с другими вариантами может быть целесообразно.

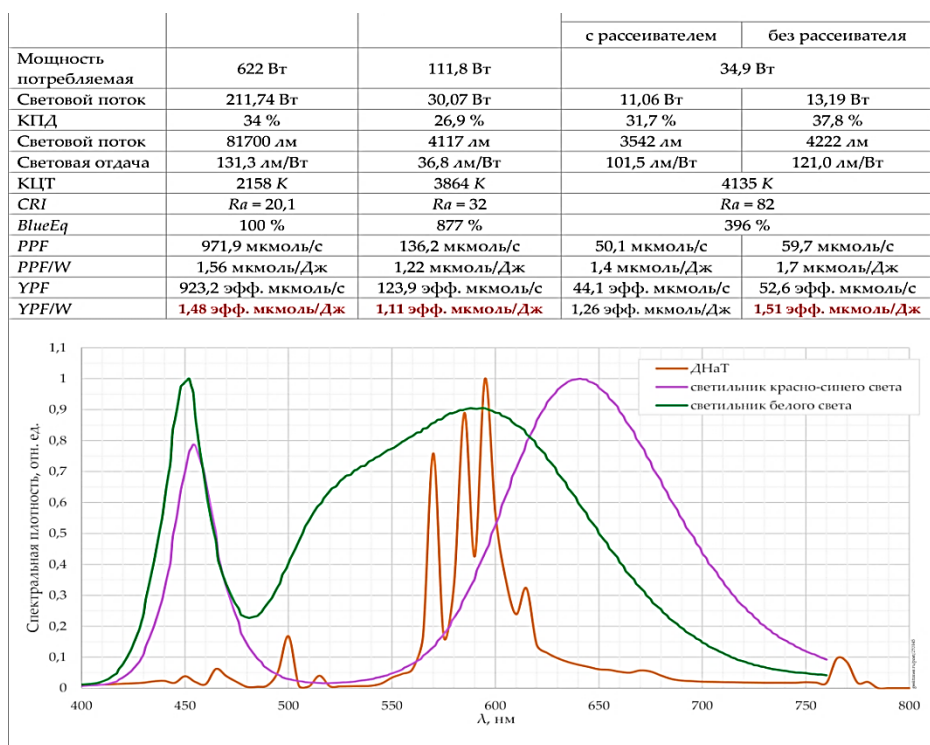


Рисунок 8 – Сравнительные параметры источников излучения

Фундаментальный закон экологии «бочка Либиха» (рис. 9) гласит: развитие ограничивает фактор, сильнее других отклоняющийся от нормы. Например, если в полном объеме обеспечены вода, минеральные вещества и CO_2 , но интенсивность освещения составляет 30 % от оптимального значения – растение даст не более 30 % максимально возможного урожая.



Рисунок 9 – Бочка Либиха

Реакция растения на свет: интенсивность газообмена, потребления питательных веществ из раствора и процессов синтеза – определяется лабораторным путем. Отклики характеризуют не только фотосинтез, но и процессы роста, цветения, синтеза необходимых для вкуса и аромата веществ.

Таким образом, наиболее распространенные белые светодиоды общего назначения, из-за их невысокой цветопередачи $R_a = 80$, что обусловлено нехваткой в первую очередь красного цвета, что можно компенсировать, добавив в светильник красные светодиоды. Логика «бочки Либиха» подсказывает, что такая добавка не повредит, если это действительно добавка, а не перераспределение энергии из других диапазонов в пользу красного. Растение не знает, откуда к нему прилетел квант из спектра белого света,

откуда – «красный» квант. Нет необходимости делать специальный спектр в одном светодиоде. И нет необходимости светить красным и белым светом из одного какого-то специального фитосветильника. Достаточно использовать белый свет общего назначения и отдельным светильником красного света освещать растение дополнительно. Также можно подобрать состав люминофора, расширить спектр свечения белого спектра в сторону длинных волн, сбалансировав его так, чтобы свет оставался белым. И получится белый свет экстравысокой цветопередачи, пригодный как для растений, так и для человека.

Список источников

1. Велит, И.А. Исследование характеристик натриевых ламп, предназначенных для светокультуры растений / И.А. Велит, Ю.П. Петренко // Коммунальное хозяйство городов: научно-технический сборник. – 2004. – №58. – с. 138-142.
2. Шлюпиков, С.В. Особенности выращивания растений в экoboxах / С.В. Шлюпиков, С.М. Бакиров, В.А. Базганова, Э.И. Гудыма // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2022. С. 186-191.
3. Ильин, О.В. Энергосберегающие фитотехнологии – основа интенсивной светокультуры растений. Использование новой гидропонно-осветительной установки и агротехнологии выращивания сельскохозяйственных культур / О.В. Ильин // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве / ГНУ ВИЭСХ. – Москва, 2006. – Часть 2. – с. 99-104.
4. Мынбаев, К.Д. Технические применения светодиодных устройств. Учебное пособие. – СПб: НИУИТМО, 2016. – 54 с.

© Корнилов А.Ю., Бахтеев С.В., 2023

Научная статья
УДК: 339.13

СРАВНЕНИЕ ТИПОВ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ В ТЕПЛИЦЕ

Михаил Александрович Левин¹, Татьяна Ивановна Третьякова²

^{1,2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹m.a.levin@mail.ru <https://orcid.org/0009-0006-5466-9801>

²tatyana.tretyakova.99@mail.ru <https://orcid.org/0009-0009-3372-0438>

Аннотация. В статье приводится сравнение организации дополнительного освещения растений от традиционного, до адаптивного в связке с эффективностью и стоимостью.

Ключевые слова: теплица, досветка растений, эффективность, критерий.

Для цитирования: Левин М.А. Сравнение типов систем освещения в теплице / М.А. Левин, Т.И. Третьякова // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023

Scientific article

COMPARISON OF TYPES OF LIGHTING SYSTEMS IN A GREENHOUSE

Levin Mikhail Alexandrovich¹, Tretyakova Tatiana Ivanovna²

^{1,2} Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹m.a.levin@mail.ru <https://orcid.org/0009-0006-5466-9801>

²tatyana.tretyakova.99@mail.ru <https://orcid.org/0009-0009-3372-0438>

Annotation. The article presents a comparison of the organization of additional lighting of plants from traditional to adaptive in conjunction with efficiency and cost.

Keywords: greenhouse, additional lighting of plants, efficiency, criterion.

For citation: Levin M.A. Comparison of types of lighting systems in a greenhouse / M.A. Levin, T.I. Tretyakova // Actual problems of agricultural energy: materials of the XIV National Conference with international participation / Edited by S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023

Введение. Производство продукции в закрытом грунте связано с необходимостью поддержания параметров микроклимата на уровне, отличающемся от открытого. К основным параметрам, относящимся к поддерживаемым искусственно, относят температуру, влажность, освещенность, CO₂. Для полноценной автоматизации тепличного хозяйства также необходимо контролировать подготовку раствора для полива, интенсивность солнечного света, форточки вентиляции и подготовку воды, в т.ч. и её фильтрацию.

Особое внимание уделяют освещением и досветки растений, особенно не в южных широтах.

Материалы и методы. Одним из подходов к досветке растений является установка ламп типа ДНАЗ, работающих по принципу включено-выключено, что не полностью отражает технологическим требованиям к освещению в переходные периоды между естественным и искусственным освещением.

Подходов автоматизации данных процессов несколько, от установки адаптивного освещения с установкой светильников с регулируемым световым потоком до разделения светильников по нескольким группам и отключения (включения) их последовательно.

Сравним стоимость подобных решений и прогнозируемую эффективность в сравнении с традиционно используемой лампой ДНАЗ.

Результаты исследования. Лампы ДНАЗ, тип Рефлакс - профессиональные лампы для подсветки рассады и растений мощностью 70, 100, 150, 250, 400, 600 и 1000 Вт. Применяются в теплицах, оранжереях, используются в

светильниках без отражателей, так как сами имеют встроенный зеркальный отражатель. По факту могут использоваться и без самих светильников за счет имеющегося отражателя.

Для адаптивного освещения необходимы диммируемые светильники типа «Светодиодный фитосветильник 70 Вт INDUSTRY.3-085-136 (PHYTO)» и соответственно, драйвер управления и, как и традиционного решения, контроллер управления.

Стоимость светильников усредним как среднерыночные. За критерий эффективности примем отношение требуемого поддержания светового потока (коэффициент формы кривой освещенности в переходный период) и стоимость решения:

$$кэф = \frac{кк1}{кк2},$$

где кэф – коэффициент эффективности решения, кк1 - коэффициент совпадения требуемой освещенности технологического решения и выдаваемый системой освещения, отношение стоимости технологического решения к традиционной.

Стоимость рассматриваемого предложения примем как отношение стоимости традиционного решения – комплектование досветки лампами ДНаЗ, без деления включения по группам в зависимости от естественного освещения к рассматриваемым альтернативам. В стоимость решения включаем и сопутствующую пуско-защитную аппаратуру и аппаратуру управления. Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные

№ п/п	Светильник/лампа	Р, Вт	Светозффективность, лм/Вт	Цена	Необходимость дополнительного оборудования	кэф
1	ДНаЗ (град)	400	80	1	нет	0,5
2	ДНаЗ (групп)	400	80	1,1	нет	0,9
3	INDUSTRY.3-085-136	80	120	5,4	да	0,75
4	FLORA LED 200 D120 Universal	150	140	12.3	да	0,5

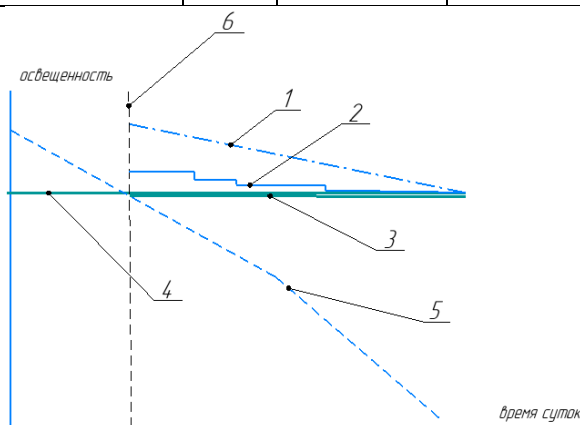


Рисунок 1 Алгоритм включения досветки по принципу управления:

1 – освещение, традиционно включаемое одновременно, 2 – освещение традиционное, включенное группами в зависимости от освещенности, 3 – адаптивное освещение, 4 – требуемое освещение на досветку, 5 – естественное освещение, 6 – момент включения досветки в теплице

Заключение. Как видно из таблицы, наиболее эффективно по принятому критерию будет групповое управление досветкой. Более технологически правильное решение получило низкий критерий эффективности из-за стоимости решения. При вводе в расчет критерия времени и стоимости эксплуатации показатели конечно поменяются.

Список источников

1. Предпосылки создания цифровых подстанций напряжений 6 и 10 кВ. / Левин М.А., Травов Н.Н. / В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы X национальной научно-практической конференции с международным участием. Под общ. ред. Трушкина В.А. 2019.
2. Применение современных энергосберегающих систем управления уличным освещением / И.М. Маркин, М.А. Левин // В сборнике: «Актуальные проблемы энергетики АПК». Материалы VIII международной научно-практической конференции. Саратов, 2017. - С. 171-174.

© Левин М.А., Третьякова Т.И., 2023

Научная статья

УДК 631.365.3/4:633.88

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ОБОГРЕВА ТЕПЛИЦ

Людмила Александровна Лягина¹, Анна Алексеевна Ванина²

^{1,2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹lyagina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9521-6266>

²anna281098@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-3721-6328>

Аннотация: Огромная роль тепловой энергии в современном интенсивном сельскохозяйственном производстве требует надежного теплоснабжения, которое в ряде отраслей приобретает исключительное значение. Традиционные способы теплоснабжения, распространенные в городах: теплофикация на базе ТЭЦ и районных котельных и газификация в сельских районах.

Ключевые слова: Электронагрев в сельском хозяйстве, твердотопливные теплогенераторы, отопление теплиц булерьяном.

Для цитирования: Лягина Л.А. Оценка эффективности использования различных методов обогрева теплиц/ Л.А. Лягина, А.А. Ванина //Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV национальной конференции с международным участием/ Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023

Original article

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF USING VARIOUS METHODS OF GREENHOUSE HEATING

Lyudmila Alexandrovna Lyagina¹, Anna Alekseevna Vanina

^{1,2}Saratov State Agrarian University N.I. Vavilova, Saratov, Russia

¹lyagina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9521-6266>

²anna281098@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-3721-6328>

Annotation. The huge role of thermal energy in modern intensive agricultural production requires reliable heat supply, which in a number of industries is of exceptional importance. Traditional methods of heat supply, common in cities: heating on the basis of thermal power plants and district boiler houses and gasification in rural areas.

Keywords: Electric heating in agriculture, solid fuel heat generators, heating of greenhouses with bulelian.

For citation: Lyagina L.A. Evaluation of the effectiveness of using various methods of greenhouse heating / L.A. Lyagina, A.A. Vanina // Actual problems of Energy Agro-industrial complex materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023

Введение. Использование электронагрева в сельском хозяйстве имеет свои особенности и находится только в начальной стадии развития, предстоят большие работы по исследованию и разработке новых рациональных областей и способов использования электронагрева, созданию нового, высокоэффективного оборудования. Для этого необходимы глубокие знания физических основ электронагрева, его технических и технологических возможностей, способов рационального использования.

Материалы и методы. Для обогрева теплиц, в последнее время, применяются радиационные обогреватели. Использование излучающих обогревателей или инфракрасных (ИК) – панелей для обогрева теплиц приобрело широкую популярность. При помощи особого принципа обогрева, ИК обогреватели потолочные прогревают сначала почву, а уже потом окружающий воздух, с помощью длинноволновых тепловых лучей. Нагретые тепловыми лучами поверхности отдают так называемое вторичное тепло окружающему воздуху.

Таким образом, при лучистом отоплении не расходуется лишняя энергия на обогрев воздуха и это является его главным преимуществом. Базовые радиационные обогреватели вырабатывают теплоту за счет электрического тока, проходящего по проводнику с высоким сопротивлением. При таком сопротивлении ток докрасна раскаляет открытую проволоку. В некоторых видах обогревателей проволока наматывается на керамическую трубку. В ИК-обогревателях проволока располагается в термостойкой трубке из кварцевого стекла, которая при нагреве начинает светиться. Также для подогрева можно применить твердотопливные генераторы длительного горения. Неплохой альтернативный вариант, особенностью которого является значительная экономия и возможность использования разнообразных энергоносителей.

Возможно отопление теплиц дровами, углем, газом и так далее. Недостатком подобных систем считается высокий уровень нагрева стенок печи, поэтому достаточно часто специалисты рекомендуют применять более безопасные и неоднократно проверенные варианты, такие как отопление теплиц булерьяном, еще одним недостатком считается выделение опасных газов при сжигании топлива, поэтому необходимо правильно выбирать место для монтажа данной системы. Твердотопливные теплогенераторы и печи длительного горения, предназначенные для систем воздушного отопления, не могут обеспечить стабильного температурного баланса, при этом, не смотря на внушительные размеры, имеют низкий коэффициент тепло-производительности. Для создания тепла в теплице приходится инвестировать в теплицу большие материальные и временные ресурсы, помимо этого необходимо вкладывать средства обеспечения безопасности.

На объектах защищенных грунтов может быть до 5-ти контуров обогрева:

- 1-й контур – это, как правило, контур надпочвенного обогрева, обладающий наибольшей теплоемкостью. Для него производится основной расчет теплоносителя, остальные контуры работают согласованно с ним.
- 2-й контур – контур верхнего обогрева теплицы (шатровый).
- 3-й и 4-й контуры могут использоваться как контуры, работающие по установленному заданию температуры теплоносителя, так контуры работающие синхронно с 1-м контуром и выравнивающие температурное поле теплицы.
- 5-й контур – это контур подлоткового обогрева для обеспечения таяния снега. Кроме того, он работает на обогрев теплицы при низкой внешней температуре и невозможности поддержания температуры другими контурами.

Результаты исследования. В отдельных случаях вместо воды в качестве теплоносителя целесообразнее применять пар турбин электростанций или других промышленных предприятий. Системы обогрева сооружений защищенного грунта с принудительной циркуляцией теплоносителя применяют более широко в связи со следующими положительными свойствами: вследствие большой скорости воды диаметр труб таких системах значительно меньше, чем при самотечном движении

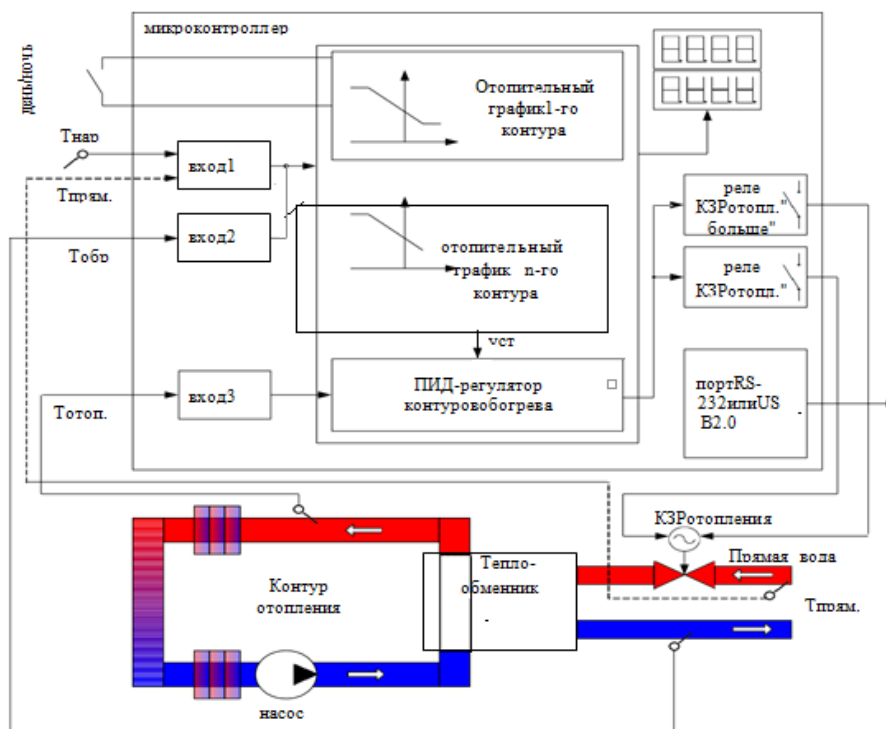


Рисунок 1– Одноконтурная схема АСУ температурным режимом

Заключение. Анализ существующего электрооборудования защищенного грунта показал, что для поддержания микроклимата применяют две основные группы: силовое электрооборудование и облучательные установки. Силовое электрооборудование представляет собой – частотно-регулируемые электроприводы насосов и вентиляторов. В качестве облучательных установок, возможно, применять светодиодные светильники, генерирующие различный спектр. Их применение позволит экономить до 30% электроэнергии, затрачиваемой на облучение биологических объектов. Таким образом, данная тема актуальна.

Список источников

1. Мазаев, Л.Р. Метод определения энергоэффективности тепловых аккумуляторов солнечной теплицы [Текст] / Л.Р.Мазаев // Вестник БГСХА.- 2021.-С.55-60.
2. Логинов, В.В. Энергосберегающий режим работы отопительно-вентиляционных установок в защищенном грунте. [Текст]/Владыкин И.Р//С.- 2019-60-68.
3. Ерков, А.А. Система управления микроклиматом в отделении блочных теплиц [Текст] / А.А Ерков // Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук–2019
4. Тихомиров, А.В. Энергетический анализ производства овощей в теплицах [Текст] / А.В. Тихомиров, Е.К. Маркелова, Е.Ю. Черномурова. // Достижения науки и техники АПК. -№9.-2022.– С.7-9.

Научная статья
УДК 631.365.3/4:633.88

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ КУКУРУЗЫ ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ ПОЭТАПНОГО ОБМОЛОТА

Людмила Александровна Лягина¹, Андрей Сергеевич Котенев²

^{1,2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹ lyagina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9521-6266>

² kotenev.ad@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-7602-8077>

Аннотация. В настоящей статье предлагается система автоматического управления скорости перемещения початков кукурузы применением современных микропроцессорных технических средств, в частности программируемых логических контроллеров.

Ключевые слова: послеуборочная обработка кукурузы, система автоматического управления, программируемый логический контроллер

Для цитирования: Лягина Л.А. Совершенствование технологии послеуборочной обработки кукурузы техническими средствами поэтапного обмолота / Л.А. Лягина, А.С. Котенев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV национальной конференции с международным участием/ Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF POST-HARVEST PROCESSING OF CORN BY TECHNICAL MEANS OF STEP-BY-STEP THRESHING

Lyudmila Alexandrovna Lyagina¹, Andrey Sergeevich Kotenev²

^{1,2}Saratov State Agrarian University N.I. Vavilova, Saratov, Russia

¹ lyagina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9521-6266>

² kotenev.ad@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-7602-8077>

Annotation. This article proposes a system for automatic control of the speed of movement of corn cobs using modern microprocessor hardware, in particular programmable logic controllers.

Keywords: post-harvest processing of corn, automatic control system, programmable logic controller.

For citation: Lyagina L.A. Improvement of the local automatic flow control control system in the drying plant for manure processing / L.A. Lyagina, A.S. Kotenev // Improving the technology of post-harvest processing of corn by technical means of step-by-step threshing / Ed. S.M. Bakirova – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. В основу конструкции устройства поэтапного обмолота початков кукурузы поставлена задача повышения производительности устройства, снижения энергоемкости процесса, уменьшения металлоемкости конструкции и минимизации количества повреждений зерна путем частичного обмолота початков в процессе их ориентирования перед подачей в аксиально-роторную молотилку [1-3].

Материалы и методы. Устройство поэтапного обмолота початков кукурузы работает следующим образом. Загруженные в горловину 2 початки кукурузы самотеком подают в загрузочный бункер 3, в который возле его дна вентилятором 1 тангенциально подают воздух под напором. Создаваемый вихревой воздушный поток способствует перемещению початков кукурузы в загрузочном бункере 3 и заставляет початки кукурузы тереться друг о друга и о внутреннюю поверхность загрузочного бункера 3 с интенсификаторами 9, что на первом этапе позволяет частично обмолачивать початки кукурузы. С помощью вихревого воздушного початка частично обмолоченным початкам кукурузы изменяют пространственное положение и подают их сквозь окно 10 в дне загрузочного бункера 3 и по лотку 4 в аксиально-роторную молотилку 5, где под действием вращающегося ротора 6 с приводом от электродвигателя и редуктора 7 осуществляют этапы основного обмолота и домолота початков кукурузы в труднообмолачиваемых местах. При этом обмолоченное зерно в загрузочном бункере 3 через решетчатое дно лотка 4, а также обмолоченное зерно в аксиально-роторной молотилке 5 отводят в бункер обмолоченного зерна 8 [1].

Результаты исследования. Предлагается система автоматического управления (САУ) скорости перемещения початков кукурузы, выполненная на базе программируемого логического контроллера. Функциональная схема САУ процессом поэтапного обмолота початков кукурузы представлена на рис. 1 [4].

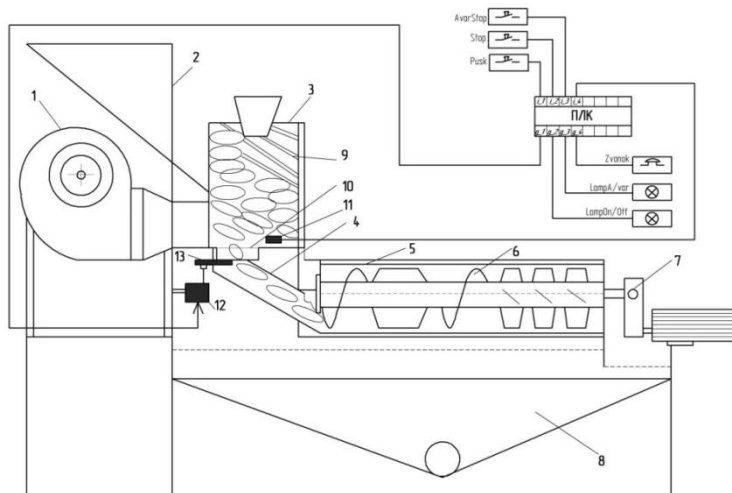


Рисунок 1 – Функциональная схема САУ процесса поэтапного обмолота початков кукурузы:

1 – вентилятор; 2 – горловина; 3 – загрузочный бункер; 4 – лоток; 5 – аксиально-роторная молотилка; 6 – ротор; 7 – привод от электродвигателя и редуктора; 8 – бункер обмолоченного зерна; 9 – интенсификатор; 10 – окно; 11 – расходомер; 12 – привод заслонки; 13 – заслонка; ПЛК – программируемый логический контроллер.

Запуск технологического процесса осуществляется с помощью кнопки «*Push*». Программируемый логический контроллер реализует алгоритм управления операциями величины перемещения заслонки от скорости потока продукта, настроечная характеристика которого представлена на рис.2

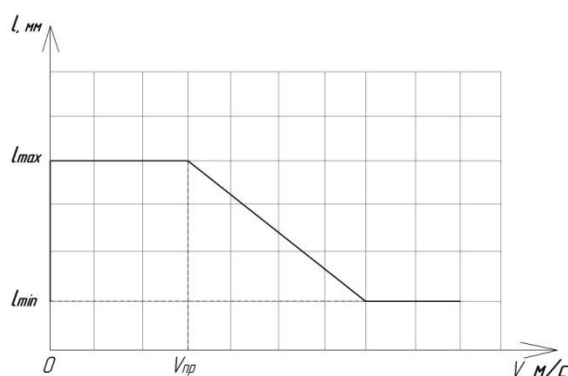


Рисунок 2– Настроечная характеристика

Заключение. Таким образом, предлагаемая программная система автоматического управления процессом поэтапного обмолота початков кукурузы с использованием ПЛК позволит:

- повысить качество конечного зерна, ввиду точного соблюдения временных циклов операций;
- заменить одним устройством любое необходимое количество отдельных элементов релейной автоматики, что повышает надежность САУ; минимизирует затраты на тиражирование, ввод в эксплуатацию и обслуживание.

Список источников

1. Бахарев, Д.Н. Совершенствование технологии послеуборочной обработки початков семенной кукурузы на основе технических решений поэтапного обмолота: автореф. дисс. ... док. техн. наук / Д.Н. Бахарев. – Белгород, 2022. – 40с.
2. Лягина, Л.А. Повышение экологичности и эффективности сушки растительного сырья электронагревателем/ Л.А Лягина, А.В. Волгин, Е.А. Четвериков, В.В. Белов, А.П. Моисеев/ Известия Международной академии аграрного образования, 2018. – № 38.
3. Лягина, Л.А. Система автоматического управления процессом сушки растительного сырья/Л.А. Лягина, В.А. Каргин, А.П. Моисеев Аграрный научный журнал, 2017. –№7.
4. Лягина, Л.А. Совершенствование локальной системы автоматического управления контроля расхода в установке для предпосевной обработки семян / Л.А. Лягина, С.Л. Савлук Материалы XII Национальной научно.-практ. конф. с международным участием, Актуальные проблемы энергетики АПК// ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2021.

© Лягина Л.А., Котенев А.С., 2023

Научная статья
УДК 631.365.3/4:633.88

СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Людмила Александровна Лягина¹, Александр Евгеньевич Устинин²

^{1,2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹ lyagina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9521-6266>

² ustinin97@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-1302-3148>

Аннотация. В статье приводится классификация способов переработки птичьего помета.

Ключевые слова: переработка птичьего помета, сушка помета с последующим дроблением и гранулированием.

Для цитирования: Лягина Л.А. Способы переработки птичьего помета для производства органических удобрений / Л.А. Лягина, А.Е. Устинин // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV национальной конференции с международным участием/ Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

METHODS OF PROCESSING BIRD DROPPINGS FOR THE PRODUCTION OF ORGANIC FERTILIZERS

Lyudmila Alexandrovna Lyagina¹, Alexandr Evgenievich Ustinin²

^{1,2}Saratov State Agrarian University N.I. Vavilova, Saratov, Russia

¹ lyagina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9521-6266>

² ustinin97@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-1302-3148>

Annotation. The article provides a classification of methods of processing bird droppings.

Keywords: processing of bird droppings, drying of manure with subsequent crushing and granulation.

For citation: Lyagina L.A. Methods of processing bird droppings for the production of organic fertilizers / L.A. Lyagina, A.E. Ustinin // Actual problems of Energy Agro-industrial complex materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. S.M. Bakirova – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. В настоящее время одной из важнейших проблем при производстве продукции птицеводства является загрязнение окружающей среды пометом птицефабрик. Ежедневное поступление больших количеств пометной массы является наиболее значимым экологическим фактором воздействия на окружающую среду. Бесконечные констатации экологических нарушений

законодательства по охране окружающей среды и предъявляемых штрафных санкций к птицефабрикам не создают условий для эффективного решения проблемы утилизации птичьего помета. Под словом утилизация понимается не уничтожение его как отхода, а употребление с пользой. Предлагаем перерабатывать помет на органоминеральные удобрения [1-3].

Материалы и методы.

Таблица 1 – Характеристика помета

Естественная влажность помета, %	Содержание микроэлементов в помете	Готовый материал	Технология применения пометных удобрений
70-75	фосфор, калий, кальций, магний, сера, хлор, кремний, алюминий, железо	сухое удобрение	прямоточная
			перевалочная
			двухфазная
		твердое топливо	
		перегной	
		биогаз	
		пиролизный газ	
	утепляющий материал		

Классификация способов переработки птичьего помета представлена на рисунке 2.

Для отделения избыточной влаги из помета для дальнейшего использования в качестве удобрения может быть применена сушка помета.

Способы сушки птичьего помета:

- конвейерные;
- туннельные;
- вакуумные;
- барабанные.

При переработке помета в органическое удобрение методом тепловой сушки возможны варианты:

- сушка помета;
- сушка помета с последующим дроблением;
- сушка помета с последующим дроблением и гранулированием.

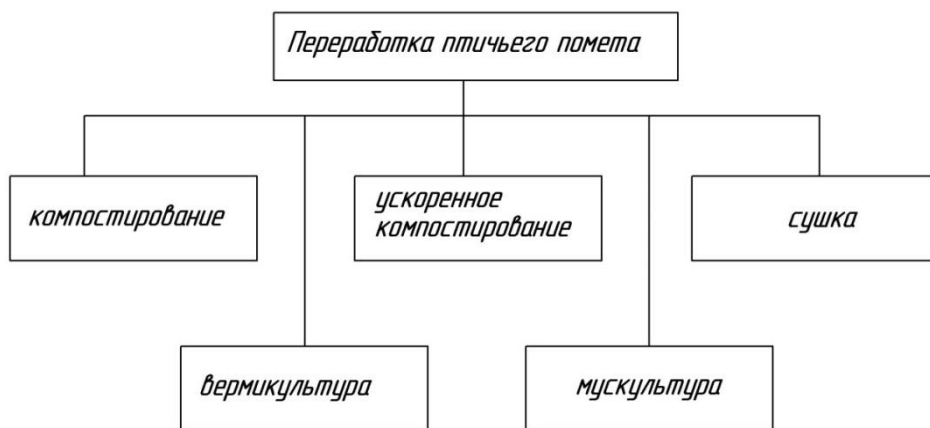


Рисунок 2– Классификация способов переработки птичьего помета

Результаты исследования. Пиролиз куриного помета позволяет быстро и эффективно перерабатывать отходы, получая на выходе синтетический генераторный газ. Пиролиз – высокоэффективный метод для превращения куриного помета в электроэнергию и концентрированное удобрение. В данном процессе не участвуют бактерии, т.е. термохимический метод, который за счет этого становится быстрым и надежным. Биологический уголь, полученный из помета домашней птицы, – это концентрированное удобрение, которое можно хранить в течение длительного времени даже в тропических районах. Энергоемкость этого вида удобрения позволяет использовать его в качестве источника энергии в регионах с высоким потреблением экологически чистой энергии.

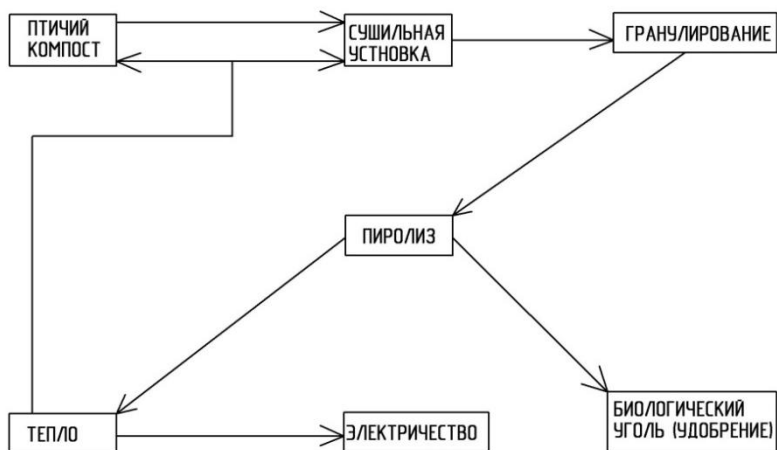


Рисунок 3– Пиролиз переработки птичьего помета

Заключение. Анализ способов переработки помета птицефабрик показал, что одним из перспективных путей снижения загрязнения окружающей среды отходами птицефабрик, является переработка помета в органическое удобрение методом тепловой сушки. Барабанные сушилки имеют сравнительно большую производительность. Благодаря непрерывному перемешиванию помета при вращении барабана, делает эти сушилки очень экономичными как по расходу тепла, так и по расходу энергии. Температурный режим сушки обеспечивает

надежную стерильность сухого помета от различных патогенных микроорганизмов.

Список источников

1. Шафеев, А.Ф. Совершенствование технологии и установки для утилизации подстилочного помета птицефабрик: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / А.Ф. Шафеев. – Москва, 2016.- 16 с.
2. Лягина, Л.А. Повышение экологичности и эффективности сушки растительного сырья электронагревателем/ Л.А Лягина, А.В. Волгин, Е.А. Четвериков, В.В. Белов, А.П. Моисеев/ Известия Международной академии аграрного образования, 2018. – № 38.
3. Лягина, Л.А. Система автоматического управления процессом сушки растительного сырья/Л.А. Лягина, В.А. Каргин, А.П. Моисеев Аграрный научный журнал, 2017. –№7.

© Лягина Л.А., Устинин А.Е., 2023

Научная статья

УДК 631.365.3/4:633.88

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КОНТРОЛЯ РАСХОДА В СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПОМЕТА

Людмила Александровна Лягина¹, Александр Евгеньевич Устинин²

^{1,2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹ lyagina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9521-6266>

² ustinin97@mail.ru, <https://orcid.org/0009-00013-1302-3148>

Аннотация. В статье приводится система автоматического управления скорости перемещения куриного помета применением современных микропроцессорных технических средств, в частности программируемых логических контроллеров.

Ключевые слова: переработка куриного помета, сушка помета, программируемый логический контроллер.

Для цитирования: Лягина Л.А. Совершенствование локальной системы автоматического управления контроля расхода в сушильной установке для переработки помета / Л.А. Лягина, А.Е. Устинин //Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV национальной конференции с международным участием/ Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

IMPROVEMENT OF THE LOCAL AUTOMATIC FLOW CONTROL CONTROL SYSTEM IN THE DRYING PLANT FOR MANURE PROCESSING

Lyudmila Alexandrovna Lyagina¹, Alexandr Evgenievich Ustinin²

^{1,2}Saratov State Agrarian University N.I. Vavilova, Saratov, Russia

¹ lyagina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9521-6266>

² ustinin97@mail.ru, <https://orcid.org/0009-00013-1302-3148>

Annotation. The article presents a system of automatic control of the speed of movement of chicken manure using modern microprocessor hardware, in particular programmable logic controllers.

Keywords: processing of chicken manure, drying the litter, programmable logic controller.

For citation: Lyagina L.A. Improvement of the local automatic flow control control system in the drying plant for manure processing / L.A. Lyagina, A.E. Ustinin // Actual problems of Energy Agro-industrial complex materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. S.M. Bakirova – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Особенностью экологических правонарушений птицеводческих хозяйств, связанных с загрязнением окружающей природной среды, является, как правило, значительные объёмы помётных масс, которые ежедневно поступают из зон выращивания и содержания птицы. Несанкционированные свалки и места хранения – реальные свидетельства образования источников экологического неблагополучия для ближайших поселений, флоры и фауны прилегающих территорий.

Последствия этих действий при производстве птицеводческой продукции в течение длительного времени трудноустранимы. К тому же они сокращают доходы птицефабрик из-за штрафных санкций, а также из-за вредного влияния загрязнений на технологию производства основной продукции (яиц или мяса).

Решение проблемы промышленной переработки птичьего помёта в органическое удобрение было многократно усложнено введением системы платежей за негативное воздействие на окружающую среду [4].

Материалы и методы. В большинстве помётных удобрений элементы питания растений находятся в легкодоступной форме, поэтому при внесении их в почву заметно улучшается ее пищевой режим [1-3]. Предлагаем линию переработки помета в гранулы (рисунок 1).

Куриный помёт влажностью до 75 % погрузчиком загружается в приемный бункер (1). Из бункера транспортером (2) помёт подается в сушильную установку (3), где происходит сушка материала. Влажный отработанный агент сушки очищается в системе мокрой очистки (4).

Сухой помёт транспортером (5) загружается в дробилку (6), дробится и пневмотранспортом (7) загружается в емкость с мешалкой (8) расположенную над прессом-гранулятором (9). Гранулы из пресса поступают в охладитель (11),

а затем по вертикальному транспортеру (12) в накопительную емкость (13). Если происходит только сушка помета, сухой помет из сушильной установки вертикальным транспортером (12) сразу загружается в накопительную емкость (13). В варианте сушка-дробление сухой помет из сушильной установки загружается в дробилку, дробится и пневмотранспортом (7) загружается в накопительную емкость (13) [2].

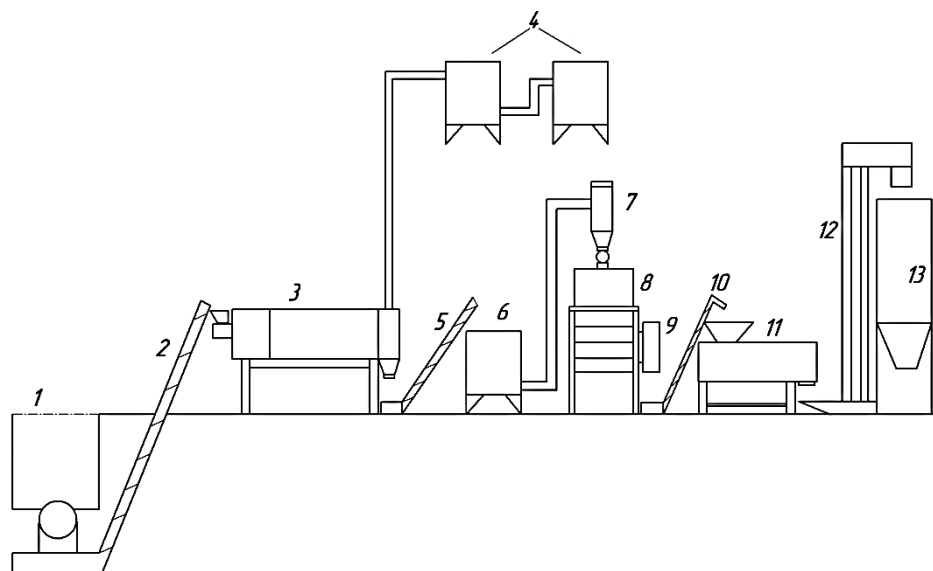


Рисунок 1 – Технологическая схема линии переработки помета: 1 – приемный бункер; 2, 5, 10, 12 – транспортер; 3 – сушильная установка; 4 – система мокрой очистки; 6 – дробилка; 7 – пневмотранспорт; 8 – емкость с мешалкой; 9 – пресс-гранулятор; 11 – охладитель; 13 – накопительная емкость

Результаты исследования. Предлагается система автоматического управления (САУ) скорости перемещения куриного помета, выполненная на базе программируемого логического контроллера. Функциональная схема САУ процессом тепловой переработки помета представлена на рисунке 2 [3,5].

Запуск технологического процесса осуществляется с помощью кнопки «*Push*». Программируемый логический контроллер (ПЛК) реализует алгоритм управления операциями величины перемещения заслонки от скорости потока материала.

ПЛК дает возможность как осуществление контрольного учета электроэнергии, контроль аварийных режимов, контроль и распределения электроэнергии и мощности.

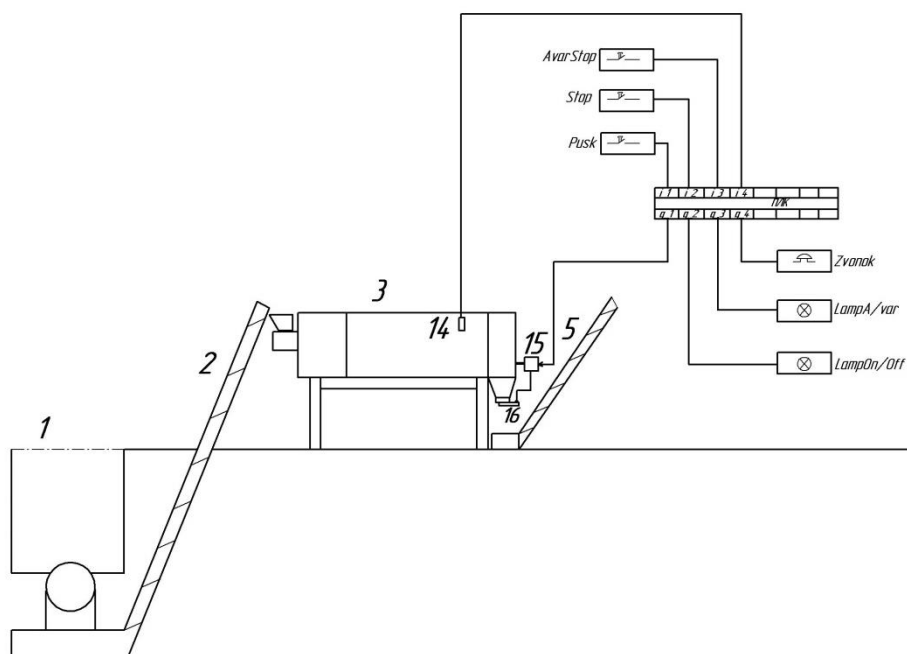


Рисунок 2 – Функциональная схема САУ процесса тепловой переработки помета: 1 – приемный бункер; 2, 5 – транспортер; 3 – сушильная установка; 14 – расходомер; 15 – привод заслонки; 16 – заслонка

Заключение. Таким образом, предварительный анализ показал, что использование программированных логических контроллеров представляется перспективным для автоматизации процесса тепловой переработки помета.

Список источников

1. Моисеев, А.П. Технические средства управления: учебное пособие / А.В. Волгин, Л.А. Лягина, В.А. Каргин, Е.А. Четвериков // ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова». – Саратов: Амирит, 2022. – 122 с.
2. Режим доступа: <https://rcycle.net/navoz/pererabotka-ptichego-pometa>
3. Лягина, Л.А. Система автоматического управления процессом сушки растительного сырья /Л.А. Лягина, В.А. Каргин, А.П. Моисеев // Аграрный научный журнал, 2017. – №7.
4. Шафеев, А.Ф. Совершенствование технологии и установки для утилизации подстилочного помета птицефабрик: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / А.Ф. Шафеев. – Москва, 2016.- 20 с.
5. Лягина, Л.А. Автоматизация управления процессом измельчителя растительного сырья / Л.А. Лягина // Материалы XIII Национальной научно.-практ. конф. с международным участием, Актуальные проблемы энергетики АПК// ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2022.

© Лягина Л.А., Устинин А.Е., 2023

Научная статья
УДК 681.536:621.313.333

КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ТЕПЛОВИЗОРА

Артём Алексеевич Макаревич¹, Артем Юрьевич Прудников²

^{1,2}Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, п. Молодежный, Россия

¹artyom20001128@mail.ru

²a.prudnicov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0741-5877>

Аннотация. В статье сделан краткий обзор на основе особенностей устройства тепловизоров и их возможностей с целью понимания какой из видов данных устройств эффективнее всего применять для контроля состояния электрооборудования, в частности асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором.

Ключевые слова: Тепловизор, диагностирование, асинхронный двигатель, контроль состояния.

Для цитирования: Макаревич А.А. Контроль состояния асинхронного двигателя с помощью тепловизора / А.А. Макаревич, А.Ю. Прудников// Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023

Original article

ASYNCHRONOUS MOTOR CONDITION MONITORING USING A THERMAL IMAGER

Artyom Alekseevich Makarevich¹, Artem Yurevich Prudnikov²

^{1,2}Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky, Molodezhny settlement, Russia

¹artyom20001128@mail.ru

²a.prudnicov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0741-5877>

Annotation. The article provides a brief overview based on the features of the device of thermal imagers and their capabilities in order to understand which type of these devices is most effective to use for monitoring the condition of electrical equipment, in particular asynchronous motors with a short-circuited rotor.

Keywords: Thermal imager, diagnostics, asynchronous motor, condition monitoring.

For citation: Makarevich A.A. Monitoring the state of an asynchronous motor using a thermal imager / A.A. Makarevich, A.Y. Prudnikov// Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Асинхронный двигатель является самой распространенной электрической машиной, как в сельском хозяйстве, так и в других отраслях промышленности. Снижение срока службы двигателя обусловлено отклонениями напряжения, повышенной влажностью, характером нагрузки привода [2]. Совершенствование методов контроля состояния двигателя остается актуальной задачей, о чем говорит достаточно большое количество работ в этой области.

Материалы и методы. Проведение технического обслуживания и текущих ремонтов согласно графика остается самым распространенным методом контроля состояния двигателя. Однако при проведении этих операций не всегда возможно выявить скрытые проблемы на ранних стадиях, и может потребоваться больше времени. Некоторые предприятия переходят на систему планово-предупредительного ремонта по состоянию с применением современных способов диагностики, что позволяет снизить аварийность двигателей и минимизировать затраты на эксплуатацию [7]. Однако выбор способа эксплуатации должен быть обоснован и другими факторами, такими как условия производства, интенсивность отказов, ответственность оборудования и т.д. [1]. Наибольший процент выходов из строя асинхронных машин связан с неисправностями межвитковой изоляции и подшипников [4, 6, 9]. При этом диагностическим параметром для выявления некоторых неисправностей может быть температура отдельных областей на поверхности двигателя [5], которую можно определить при тепловизионном контроле.

Результаты исследования. Существует несколько типов тепловизоров, которые могут быть использованы для контроля состояния асинхронного двигателя. Некоторые типы тепловизоров могут быть более подходящими для определенных типов оборудования или конкретных условий эксплуатации. При выборе тепловизора необходимо учитывать разрешение, дальность измерения, чувствительность и точность измерений.

Одним из наиболее распространенных типов тепловизоров является прибор с матричным детектором, который использует множество датчиков для сбора информации о температуре на поверхности объекта. Такие тепловизоры обычно имеют высокое разрешение и могут показывать детальные изображения объекта [10].

Также существуют тепловизоры, оснащенные лазерным указателем, который позволяет точно указывать на точку на поверхности объекта, которую необходимо измерить [8]. Это особенно полезно при контроле состояния двигателей, где необходимо измерять определенные точки на поверхности.

В целом, выбор типа тепловизора будет зависеть от конкретных потребностей и условий эксплуатации, а также от доступного бюджета. Однако, использование тепловизора для контроля состояния асинхронного двигателя может значительно улучшить эффективность и надежность работы оборудования, а также сократить затраты на его обслуживание и ремонт.

Ограничения использования тепловизора для контроля состояния двигателя могут включать следующие аспекты:

1. Стоимость тепловизора и экономическая целесообразность использования: одним из основных ограничений использования тепловизора является его стоимость. Высокая стоимость может отталкивать компании от использования тепловизора для контроля состояния двигателя, особенно если у них есть другие методы контроля состояния оборудования, которые могут быть более доступны по стоимости. Кроме того, инвестирование в тепловизор может не окупаться, если компания не использует его регулярно или если проблемы с оборудованием не возникают слишком часто.

2. Необходимость обучения и профессиональной подготовки для использования тепловизора: чтобы использовать тепловизор эффективно, работникам необходимо получить профессиональную подготовку и обучение. Несмотря на то, что использование тепловизора может быть довольно простым, неопытные пользователи могут не заметить некоторые тонкости, которые могут влиять на результаты контроля. Кроме того, работники должны быть знакомы с ограничениями тепловизора и уметь правильно интерпретировать полученные данные.

3. Ограничения по точности измерения: тепловизоры имеют некоторые ограничения в точности измерения, которые могут влиять на их эффективность в контроле состояния двигателя. Например, они могут быть менее точными, если область измерения слишком мала или слишком большая. Кроме того, окружающая среда, в которой производится измерение, может оказывать влияние на точность данных, поэтому работники должны учитывать все факторы, которые могут повлиять на точность измерения.

4. Ограничения по применимости: не все типы тепловизоров могут быть подходящими для контроля состояния двигателя. Например, некоторые тепловизоры могут иметь ограничения по максимальной температуре, которую они могут измерять. Кроме того, некоторые типы тепловизоров могут быть менее эффективными в определенных условиях окружающей среды или при измерении определенных типов материалов. Поэтому необходимо выбрать правильный тип тепловизора для конкретных задач контроля состояния двигателя.

5. Ограничения использования тепловизора для контроля состояния двигателя могут создавать некоторые сложности для работников и компаний, которые планируют использовать этот инструмент. Несмотря на это, тепловизоры могут быть очень полезными для контроля состояния двигателей, особенно в ситуациях, когда другие методы контроля не могут быть использованы. Важно учитывать все ограничения и выбрать правильный тип тепловизора для определенных задач, а также обучить работников, чтобы использование тепловизора было максимально эффективным [3].

Заключение. В энергетике целесообразно использовать портативные тепловизоры, представляющие собой моноблочный корпус, в котором содержатся все системы тепловизора. Они обладают сравнительно небольшой массой и оснащены аккумулятором, способным обеспечить долгую работу прибора.

Использование тепловизора для контроля состояния асинхронного двигателя имеет ряд преимуществ, включая возможность детектирования ранних признаков неисправности, увеличение эффективности обслуживания и уменьшение времени простоя оборудования. Тепловизоры также могут помочь в определении причин неисправности, что позволяет быстрее принимать меры по ее устранению.

Регулярный контроль состояния оборудования, включая асинхронный двигатель, является ключевым фактором для увеличения эффективности производственных процессов и снижения затрат на обслуживание и ремонт. При использовании тепловизора для контроля состояния асинхронного двигателя необходимо учитывать ограничения и недостатки данного инструмента. Работники должны получить необходимое обучение и профессиональную подготовку, чтобы использовать тепловизор эффективно. Кроме того, необходимо учитывать ограничения по точности измерения и применимости тепловизора для контроля состояния асинхронного двигателя. Все эти факторы должны быть учтены при принятии решения о применении тепловизора для контроля состояния асинхронного двигателя.

Список источников

1. Ерошенко, Г. П. Анализ послеосмотрового способа технической эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве / Г. П. Ерошенко, В. А. Трушкин, С. М. Бакиров // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2013. – № 8. – С. 54-56.
2. Ерошенко, Г. П. Особенности работы электропривода при случайном характере внешних воздействий / Г. П. Ерошенко, С. М. Бакиров // Аграрный научный журнал. – 2015. – № 7. – С. 45-47.
3. Применение тепловизора в энергетическом машиностроении / В. В. Бирюк, С. Г. Матвеев, М. Ю. Орлов, Г. Г. Панкова. – Самара : Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 2007. – 95 с. – ISBN 978- 5-7883-0677-3.
4. Прудников, А. Ю. Диагностика эксцентриситета ротора асинхронных двигателей, используемых в сельском хозяйстве: специальность 05.20.02 "Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Прудников Артем Юрьевич. – Москва, 2022. – 198 с.
5. Трушкин, В. А. Влияние температуры погружного электродвигателя на диагностические параметры изоляции / В. А. Трушкин, О. Н. Чурляева, Р. В. Козичев // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 6(276). – С. 36-39. – DOI 10.33267/2072-9642-2020-6-36-39.
6. Логинов, А. Ю. Определение степени загрузки асинхронного двигателя центробежного вентилятора / А. Ю. Логинов, А. Ю. Прудников, Я. В. Боннет // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии : Материалы VIII международной научно-практической конференции, п. Молодежный, 23–24 мая 2019 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2019. – С. 8-17.

7. Некрасов, А.А. Оценка остаточного ресурса электрооборудования по физическим характеристикам / А.И. Некрасов, А.А. Некрасов, П.Н. Подобедов, И.М. Довлатов // Вестник аграрной науки Дона. 2018. Т. 1. № 41. С. 5-11.
8. Boulter, E. A., & Stone, G. C. (2010). Infrared thermography for condition monitoring: a review. *Infrared Physics & Technology*, 53(4), 250-261.
9. Prudnikov, A. Yu. Method of diagnostics of the rotor eccentricity of an induction motor / A. Yu. Prudnikov, V. V. Bonnet, A. Yu. Loginov // JOP Conference Series: Metrological Support of Innovative Technologies, Krasnoyarsk, 04 марта 2020 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 1515. – Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 52030. – DOI 10.1088/1742-6596/1515/5/052030.
10. Wahl, M. (2003). Infrared thermography. *American Institute of Physics Handbook*, 3, 1-14.

© Макаревич А.А., Прудников А.Ю., 2023

Научная статья
УДК 621.313

УСТРОЙСТВО ПЕРЕДАЧИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СХЕМЕ «ЛЭМД-ШТОК-ПУАНСОН»

Алексей Петрович Моисеев ¹, Кирилл Витальевич Фомин ².

^{1,2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹ moiseevap-distant20-21@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-5071-5766>

² kirill_fomin181099@icloud.com, <https://orcid.org/0009-0006-0282-1306>

Аннотация. Одним из важных этапов разработки и создания приводного линейного электромагнитного двигателя штокового прессы является обоснование устройства передачи механической энергии двигателя перемещаемому рабочему органу – штоку-пуансону.

Ключевые слова: линейный электромагнитный двигатель, электрический преобразователь, шток-пуансон.

Для цитирования: Моисеев А.П. Устройство передачи механической энергии в схеме «ЛЭМД-шток-пуансон»./А.П. Моисеев, К.В. Фомин//Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV национальной конференции с международным участием/ Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

A DEVICE FOR TRANSMITTING MECHANICAL ENERGY IN THE "LAMD-ROD-PUNCH" SCHEME

Alexey Petrovich Moiseev¹, Kirill Vitalievich Fomin².

^{1,2}Saratov State Agrarian University N.I. Vavilova, Saratov, Russia

¹ moiseevap-distant20-21@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-5071-5766>

² kirill_fomin181099@icloud.com, <https://orcid.org/0009-0006-0282-1306>

Annotation. One of the important stages of the development and creation of a drive linear electromagnetic motor of a rod press is the substantiation of a device for transferring the mechanical energy of the engine to a movable working organ – a rod-punch.

Keywords: linear electromagnetic motor, electric converter, rod-punch.

For citation: Moiseev A.P. Device for transmitting mechanical energy in the "LAMD-rod-punch" scheme. / A.P. Moiseev, K.V. Fomin //Actual problems of agricultural energy: materials of the XIV National conference with international participation/ Edited by S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023

Введение. Одним из важных этапов разработки и создания приводного линейного электромагнитного двигателя штокового пресса является обоснование устройства передачи механической энергии двигателя перемещаемому рабочему органу – штоку-пуансону [1]. Отсюда следует, что конструкция и параметры этого устройства определяют эффективность передачи, технические и эксплуатационные показатели привода [2].

Материалы и методы. В качестве энергетических параметров целесообразно принять соответственно энергию давления, эффективную энергию. При этом энергией давления $A_{\text{п}}$ считается энергия (работа) по преодолению противодействующего усилия $F_{\text{п}}$, создаваемого прессовкой корма:

$$A_{\text{п}} = \int_0^{\delta} F_{\text{п}}(\delta) d\delta, \quad (1)$$

где δ – величина перемещения рабочего органа машины, на которой совершается прессование корма.

Под эффективной энергией $A_{\text{э}}$ понимается совокупность энергии давления $A_{\text{п}}$ и кинетической энергии $A_{\text{к}}$ на той части перемещения рабочего органа машины, где отсутствует полезное противодействующее усилие:

$$A_{\text{э}} = A_{\text{п}} + A_{\text{к}} = A_{\text{п}} + m(V_2^2 - V_1^2)/2, \quad (2)$$

где m – масса подвижных частей машины; V_1 и V_2 – скорости перемещения в начале и конце участка рабочего хода без полезного противодействующего усилия[3].

К силовым параметрам также относятся номинальное усилие и удельное давление на обрабатываемый материал. В государственных стандартах регламентируется величина номинального усилия для каждого типа или вида пресса, однако отсутствует определение понятия «номинальное усилие пресса» и условия его определения. Для прессового оборудования с линейным электромагнитным двигателем, используемого в пластическом формоизменении материалов при помощи силового воздействия, целесообразно к силовым параметрам отнести номинальное усилие линейного

электромагнитного двигателя, понимая под максимальную величину динамического усилия. В качестве силового параметра естественно использование удельного давления на обрабатываемый материал, то есть максимальной величины динамического усилия, приходящейся на единицу поверхности обрабатываемого материала.

Среднее динамическое усилие F за время $t = t_2 - t_1$ перемещения определяется из уравнения баланса количества движения и импульса силы:

$$mV - mV_0 = \int_{t_1}^{t_2} F dt, \quad (3)$$

где m – масса подвижных частей прессового оборудования; V – скорость перед прессованием; V_0 – скорость после спрессования. При $V = 0$ получим $mV = Ft$, откуда:

$$F = mV/t. \quad (4)$$

К кинематическим параметрам относятся рабочий ход ползуна до его крайнего положения, на котором развивается номинальное усилие, эффективная энергия и энергия удара. К ним относятся также частота ходов в минуту, скорость ползуна, частота одиночных ходов, частота непрерывных ходов, частота ходов при различном усилии и полезная работа.

Результаты исследования. Для оценки достигнутого технического уровня и тенденций развития прессового оборудования с линейным электромагнитным двигателем используется система общепринятых объективных критериев [4,5].

1. Коэффициент массы машины $K_F = G_m/F_H$, где G_m – общая масса машины; F_H – номинальное усилие, развиваемое ею. При проектировании прессового оборудования необходимо стремиться к уменьшению K_F , что снизит их металлоёмкость и массу.

2. Производственный коэффициент массы $K_{FЭ} = K_F K_m^э = G_э/F_H$, выражающий величины массы активных частей машины, приходящейся на единицу номинального усилия.

3. Коэффициент отдачи мощности $K_P = F_H n/P$, где n – номинальное количество рабочих ходов в минуту при номинальной нагрузке по усилию F_H ; P – установленная мощность линейного электромагнитного двигателя.

4. Коэффициент относительной площади $K_S = \frac{S}{F_H}$, где S – площадь, занятая прессовым оборудованием.

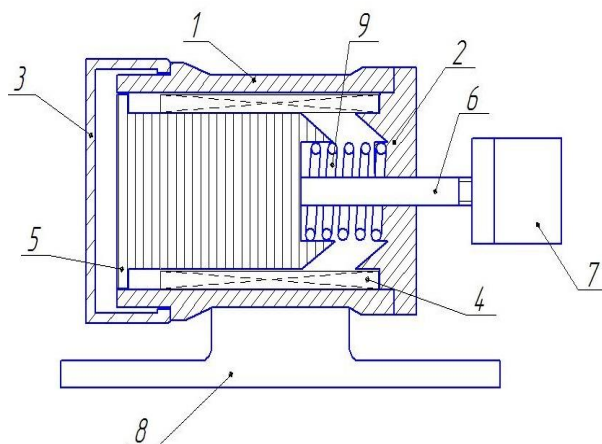


Рисунок 1 – Схема линейного электромагнитного двигателя, соединённого со штоком-пуансоном

На рисунке 1 показана конструкция предлагаемого линейного электромагнитного двигателя.

Устройство содержит корпус-статор 1 с крышками 2, 3, обмоткой 4 и якорем 5 подпружиненным элементом 9. Рабочий орган 6 соединён со штоком – пуансоном 7. Вся конструкция закреплена на станине 8.

Ранее была рассмотрена установка для брикетирования кормов штоковый пресс ШП-1 с приводом от традиционного асинхронного двигателя (АД). Мы предлагаем замену привода с АД на привод с линейным электромагнитным двигателем (ЛЭМД), что позволит привести к упрощению приводной системы [6,7].

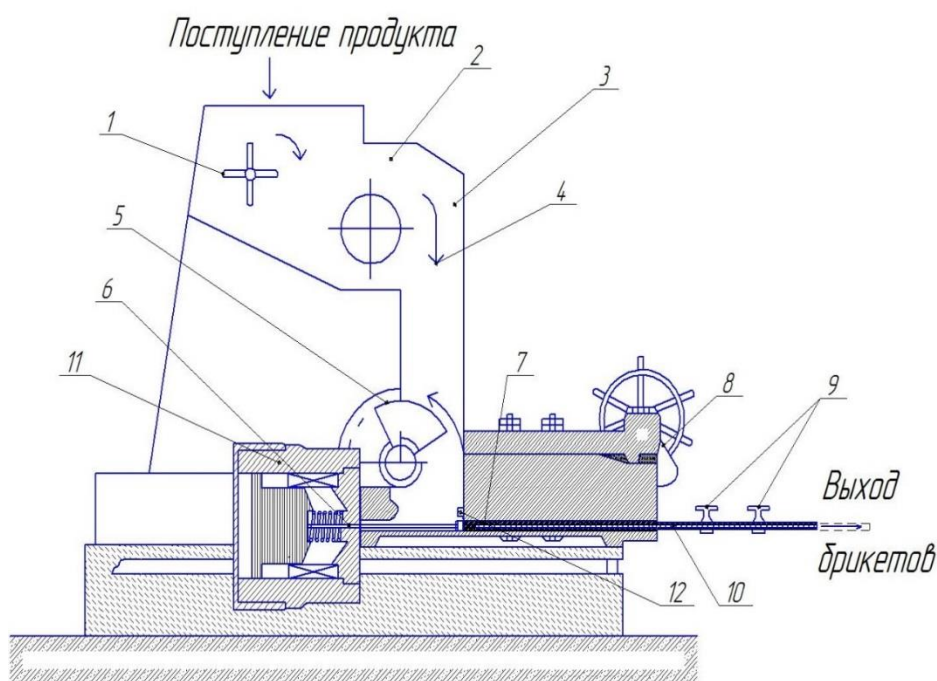


Рисунок 2 – Технологическая схема штокового пресса ШП-1 с приводом от ЛЭМД: 1 - Разрыхлитель; 2 - Питающий механизм; 3 - Питающий валик; 4 – Канал; 5 - Подпрессователь; 6 – Шток-пуансон; 7 – Прессовая камера; 8 – Механизм для регулирования брикета; 9 – Нажимные механизмы; 10 – Мундштук; 11 – Линейный электромагнитный двигатель; 12 – Датчик, отвечающий за остановку штока-пуансона в конце рабочего хода

Данная установка (рис.2.), у которой привод с ЛЭМД в сравнении с установкой с приводом от АД приводной механизм составляет лишь только сам ЛЭМД, который напрямую соединён с штоком-пуансоном, благодаря чему он приводится в движение по прямолинейной траектории без затрат механической энергии на составные части приводного механизма как было в установке с традиционным АД.

Заключение. Для оценки достигнутого технического уровня и тенденций развития прессового оборудования с линейным электромагнитным двигателем используется система общепринятых объективных критериев.

Разработана конструкция дискретной машины с ЛЭМД с устройством передачи механической энергии пресс-штоку.

Список источников

1. Моисеев А.П./ Применение линейных электромагнитных приводов в шайбовых кормораздаточных транспортерах: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / Моисеев А.П. – Саратов, ФГБОУ ВПО СГАУ им. Вавилова Н.И., 2011. – 26 с.
2. Волгин А.В. / Оценка режимов работы электромагнитных ударных машин / Усанов К.М., Каргин В.А., Моисеев А.П. – Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 10.
3. V.A. Kargin, A.V. Volgin, E.V. Volgina. Automatic Control System of Electromagnetic Vault Down-Faller. 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020, 9271247.
4. Волгин А.В. / Особенности энергопреобразования в электромагнитных ударных машинах / Усанов К.М., Каргин В.А., Моисеев А.П. – Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 8 (178). с. 174-178.
5. Патент на изобретение. Реверсивный линейный электромагнитный двигатель с осевым каналом / Усанов К.М., Моисеев А.П., Каргин В.А., Волгин А.В. / RU2440661, МПК H02K 41/03 Опубл. 20.01.2012 Бюл. № 2.
6. Моисеев, А.П. Некоторые перспективы применения электромагнитных машин с осевым каналом в процессах и технологиях АПК / Усанов К. М., Моисеев А. П. // «Вестник» Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова, № 7, 2008 с. 64 – 67.
7. Усанов, К.М. Электромагнитные машины с осевым каналом в процессах и технологиях АПК / К.М. Усанов, А.П. Моисеев. Ж. «Механизация и электрификация сельского хозяйства», №5, 2008. – С. 31–33.

© Моисеев А.П., Фомин К.В., 2023

Научная статья
УДК 628.931

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ СТАБИЛЬНОГО СВЕТОВОГО ПОТОКА В ТЕПЛИЦЕ

Дмитрий Алексеевич Никитин¹, Оксана Николаевна Чурляева²

^{1,2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹sain@ro.ru

²oksana.churlyaeva@mail.ru [https://orcid 0009-0003-7472-0465](https://orcid.org/0009-0003-7472-0465)

Аннотация: Статья посвящена разработке электрических принципиальных схем устройства, позволяющего плавно изменять световой поток ламп досветки в теплице. Разработана схема электрическая принципиальная блока управления и схема электрическая принципиальная силового блока. Описан принцип работы схем.

Ключевые слова: Транзистор, компаратор, оптопара, делитель напряжения, токовый драйвер, фотоэлемент, ШИМ контролер.

Для цитирования: Никитин Д.А. Разработка электрических принципиальных схем устройства для поддержания стабильного светового потока в теплице / Д.А. Никитин, О.Н. Чурляева // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

DEVELOPMENT OF ELECTRICAL CIRCUIT DIAGRAMS OF THE DEVICE TO MAINTAIN A STABLE LUMINOUS FLUX IN THE GREENHOUSE

Dmitry Alekseevich Nikitin¹, Oksana Nikolaevna Churlyaeva²

^{1,2}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹sain@ro.ru

²oksana.churlyaeva@mail.ru / [orcid 0009-0003-7472-0465](https://orcid.org/0009-0003-7472-0465)

Annotation. The article is devoted to the development of electrical schematic diagrams of a device that allows you to smoothly change the luminous flux of additional lighting lamps in a greenhouse. An electrical schematic diagram of the control unit and an electrical schematic diagram of the power unit have been developed. The principle of operation of the schemes is described.

Keywords: Transistor, comparator, optocoupler, voltage divider, current driver, photocell, PWM controller.

For citation: Nikitin D.A. Development of electrical schematic diagrams of a device for maintaining a stable luminous flux in a greenhouse / D.A. Nikitin, O.N. Churlyayeva // Actual Problems of Energy Agro-industrial complex: Materials of the XIV National Conference with International Participation / Ed. S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023

Введение.

Для гармоничного развития растений в условиях выращивания в теплицах растениям необходим естественный свет. Недостаток ультрафиолета приводит к снижению роста саженца, увяданию побегов. Наибольший дефицит солнечного света приходится на январь – март. Именно в это время начинается посев семян на рассаду. Экзотические растения так же нуждаются в дополнительном освещении. Длина светового дня для них должна составлять не менее 12 часов. Увеличить количество полезного излучения можно с помощью специальных приборов – фитоламп.

Материалы и методы. В [1] было предложено устройство для поддержания стабильного светового потока в теплице на основе LED фитоламп. На рисунке 1 представлена структурная схема регулятора светового потока.

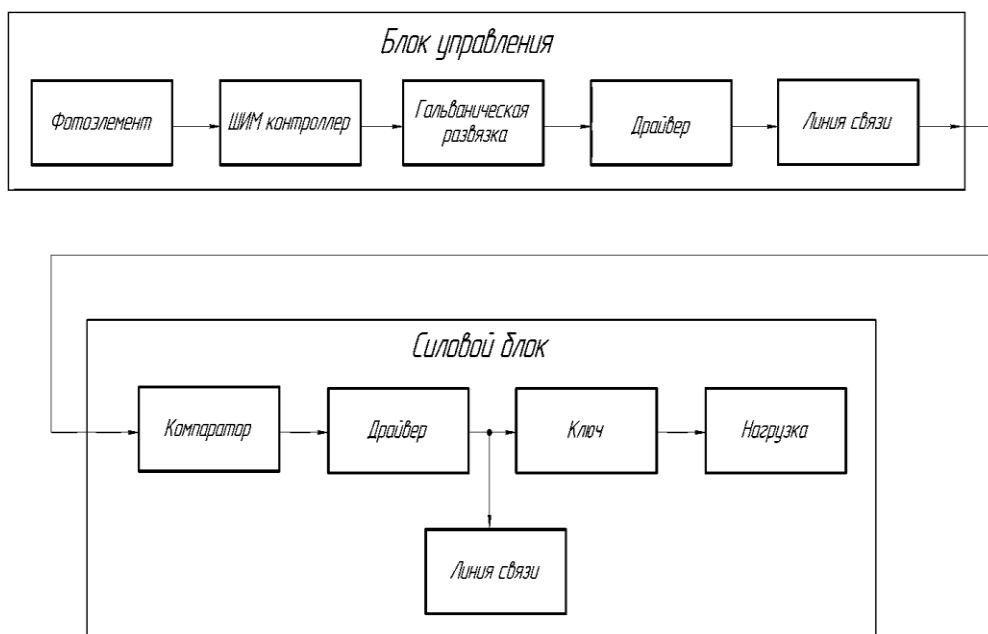


Рисунок 1 – Структурная схема регулятора светового потока

Регулировать световой поток светодиодных фитоламп предлагается методом ШИМ. По структурной схеме, предложенной в статье [1], были разработаны электрические принципиальные блоки управления и силового блока.

Результаты исследования. На рисунке 2 представлена электрическая принципиальная схема блока управления.

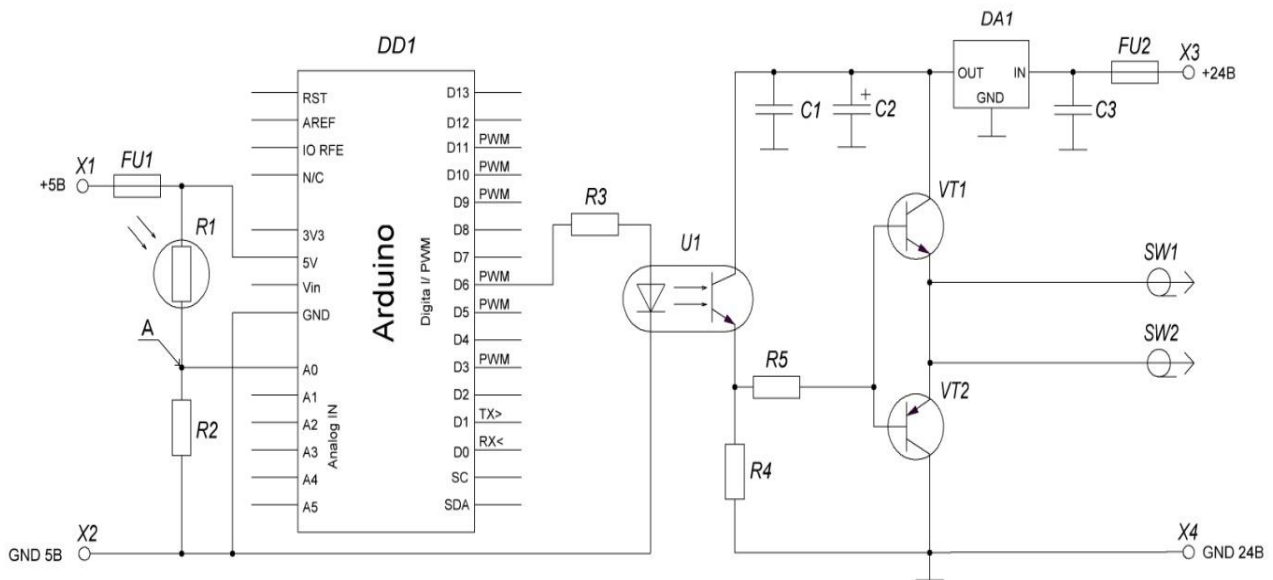


Рисунок 2- Электрическая принципиальная схема блока управления

На разъем X1 и разъем X2 через предохранитель FU1 подается напряжение питания 5В. R1, R2 – делитель напряжения. R1 – фоторезистор. При воздействии на фоторезистор световым потоком его сопротивление изменяется, вследствие чего изменяется напряжение на выходе делителя напряжения (точка А). Напряжение с делителя напряжения поступает на аналоговый вход (A0) модуля Arduino DD1. На цифровом выходе (D6) появится ШИМ сигнал, скважности которого будет зависеть от напряжения, подаваемого на вход (A0). Проходя через балластный резистор R3, ШИМ сигнал подается на фотодиод оптопары U1.

На разъем X3 и X4 подается напряжение питания 24В через плавкий предохранитель FU1. C1, C2, и C3 – фильтр питания. Входное напряжение поступает на вход линейного стабилизатора напряжения DA1. После DA1 стабилизированное напряжение 12 В поступает на коллектор транзистора оптопары.

Когда на выходе DD1 сигнал высокого уровня, светодиод оптопары испускает световой поток, который воздействуя на базу транзистора открывает его. Через переход К-Э транзистора оптопары и токоограничивающий резистор R4 потечет ток, который создаст на R4 падение напряжения. Это напряжение через предохранительный резистор R5 подается на базу транзистора VT1. Т.к. напряжение на базе VT1 больше чем на его эмиттере, а на базе VT2 меньше, то транзистор VT1 откроется и через его переход К-Э и нагрузку, которая подключается к разъемам SW1, SW2 потечет ток.

Когда на выходе DD1 сигнал низкого уровня, светодиод оптопары не испускает световой поток, тем самым закрывая транзистор. Через переход К-Э транзистора оптопары и токоограничивающий резистор R4 ток протекать не будет. На резисторе R4 падение напряжения не будет. Тогда через резисторы R4, R5 базы транзисторов VT1, VT2 будут подтянуты к минусу питания.

Т.к. напряжение на базе VT1 меньше чем на его эмиттере, а на базе VT2 более отрицательно, то транзистор VT2 откроется и через переход К-Э подтянет нагрузку к минусу питания. Вследствие чего, через нагрузку ток протекать не будет.

На рисунке 3 представлена электрическая принципиальная схема силового блока.

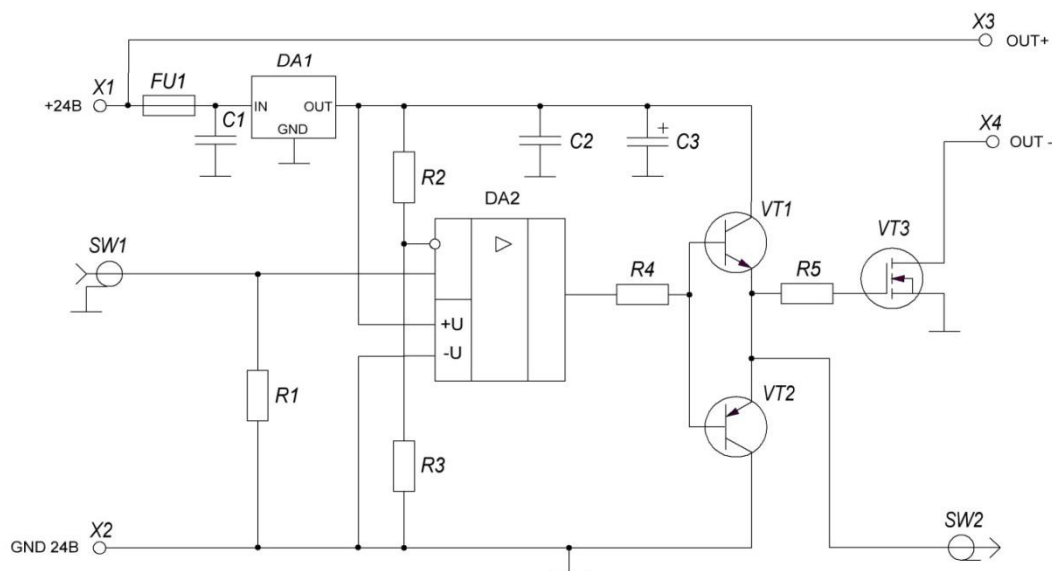


Рисунок 3 - Электрическая принципиальная схема силового блока

На разъем X1 и X2 подается напряжение питания 24В через плавкий предохранитель FU1. C1, C2, и C3 – фильтр питания. Входное напряжение поступает на вход линейного стабилизатора напряжения DA1 на 12В. R1 – входная нагрузка необходимая для создания тока в линии связи. R2, R3 – делитель напряжения. DA1- компаратор. Входное напряжение через разъем SW1 поступает на не инвертирующий вход DA2. Когда напряжение на не инвертирующем входе больше чем на инвертирующем, на выходе компаратора будет сигнал высокого уровня, приблизительно равный напряжению питания DA2. Через токоограничивающий резистор R4 напряжение поступает на базы транзисторов VT1, VT2.

Когда на выходе DA1 сигнал высокого уровня, то через токоограничивающий резистор R4 на базы транзисторов VT1, VT2 подается напряжение. Т.к. напряжение на базе VT1 больше чем на его эмиттере, а на базе VT2 меньше, то транзистор VT1 откроется. Через его переход К-Э, токоограничивающий резистор R5 и затвор транзистора VT3. а также через нагрузку, которая подключена на разъем SW2 потечет ток. Транзистор VT3 откроется и через переход С-И и нагрузку подключенную к разъемам X3, X4 потечет ток.

Когда на выходе DA2 сигнал низкого уровня, то через токоограничивающий резистор R4 на базы транзисторов VT1, VT2 напряжение не подается. Т.к. напряжение на базе VT1 меньше чем на его эмиттере, а на базе VT2 более отрицательно чем на его эмиттере, то транзистор VT2 откроется.

Через его переход К-Э и токоограничивающий резистор R5 затвор транзистора VT3 будет подтянут на минус питания. Транзистор VT3 закроется. Через нагрузку, которая подключена на разъем SW1, X2, X3 ток протекать не будет.

Заключение. Разработанные электрические принципиальные схемы соответствуют представленной в статье [1] структурной схеме. Схемы разработанных блоков спроектированы согласно ГОСТ 2.702-2011.

Список источников

1. Никитин Д.А. Устройство для поддержания стабильного светового потока в теплице / Д.А. Никитин, О.Н. Чурляева // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием / Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: Амирит, 2022. – 208 с.
2. Вилисов, А. А. Светодиоды и светотехнические устройства: учеб. пособие [Текст] / А. А. Вилисов, В. С. Солдаткин, В. И. Туев. – Томск: Изд – во Томск. гос. ун – та систем управления и радиоэлектроники, 2020. – 112 с.
3. Варламов, Д. О. Основы работы с аналогово-цифровым преобразователем микроконтроллеров AVR Atmega: учеб. пособие [Текст] / Д. О. Варламов, С. М. Зуев, Ю. М. Шматков, А. А. Лавриков, А. А. Тимошенко. – М.: ИНФРА-М, 2020. – 53 с.
4. Варламов, Д. О. Работа с основными периферийными модулями микроконтроллеров Atmega на примерах и заданиях: учеб. пособие [Текст] / Д. О. Варламов, С. М. Зуев, А. А. Тимошенко. – Москва: ИНФРА-М, 2021. – 185 с.
5. Топильский, В. Б. Микроэлектронные измерительные преобразователи: учеб. пособие [Текст] / В. Б. Топильский. – М.: Лаборатория знаний, 2020. – 496 с.
6. Вилисов, А. А. Светодиоды и светотехнические устройства: учеб. пособие [Текст] / А. А. Вилисов, В. С. Солдаткин, В. И. Туев. – Томск: Изд – во Томск. гос. ун – та систем управления и радиоэлектроники, 2020. – 112 с.
7. Варламов, Д. О. Основы работы с аналогово-цифровым преобразователем микроконтроллеров AVR Atmega: учеб. пособие [Текст] / Д. О. Варламов, С. М. Зуев, Ю. М. Шматков, А. А. Лавриков, А. А. Тимошенко. – М.: ИНФРА-М, 2020. – 53 с.
8. Варламов, Д. О. Работа с основными периферийными модулями микроконтроллеров Atmega на примерах и заданиях: учеб. пособие [Текст] / Д. О. Варламов, С. М. Зуев, А. А. Тимошенко. – Москва: ИНФРА-М, 2021. – 185 с.
9. Топильский, В. Б. Микроэлектронные измерительные преобразователи: учеб. пособие [Текст] / В. Б. Топильский. – М.: Лаборатория знаний, 2020. – 496 с.
10. . Чурляева, О.Н. Монтаж электрооборудования и средств автоматизации: учебное пособие к практическим и лабораторным занятиям / М.А. Левин, О.В. Логачёва, О.Н. Чурляева. - Саратов: Амирит, 2021. - 135 с.

© Никитин Д.А., Чурляева О.Н., 2023

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА В АПК

Антон Андреевич Никишков¹, Владимир Николаевич Овсянников²

^{1,2}Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

¹fgbatz@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-2355-2785>

²ovsyannikov0512@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3028-6073>

Аннотация. В статье приведены причины высокого энергопотребления в АПК. Также способы внедрения энергоэффективных электроприводов для уменьшения потерь, которые приводят к высоким расходам на электроэнергию, составляющих до 90% расходов. Для увеличения эффективности внедрения электроприводов, в статье также приведены пути сбережения энергии в асинхронном электроприводе.

Ключевые слова: энергозатраты, энергоэффективный, электропривод, асинхронный, энергосбережение

Для цитирования: Никишков А.А. Использование высокоэффективного электропривода в АПК / А.А. Никишков, В.Н. Овсянников // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы XIV Национально конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023

Original article

THE USE OF A HIGHLY EFFICIENT ELECTRIC DRIVE IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Anton Andreevich Nikishkov¹, Vladimir Nikolaevich Ovsyannikov²

^{1,2}Samara State Technical University, Samara, Russia

¹fgbatz@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-2355-2785>

²ovsyannikov0512@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3028-6073>

Annotation. The article presents the reasons for high energy consumption in the agro-industrial complex. There are also ways to introduce energy-efficient electric drives to reduce losses that lead to high energy costs amounting to up to 90% of expenses. To increase the efficiency of the introduction of electric drives, the article also provides ways to save energy in an asynchronous electric drive.

Keywords: energy consumption, energy efficient, electric drive, asynchronous, energy saving.

For citation: Nikishkov A.A. The use of highly efficient electric drive in the agro-industrial complex / A.A. Nikishkov, V.N. Ovsyannikov // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. C.M. Bakirova - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Увеличение энергозатрат связанных с необходимостью внедрения High-tech технологий и возрастанием технологических требований к качеству производственных процессов обуславливает внедрение регулируемых энергоэффективных электроприводов в агропромышленный комплекс.

Материалы и методы. Сегодня современный регулируемый электропривод является и энергосиловой основой, обеспечивающий механической энергией, и управляющим звеном, контролирующим технологические процессы, так как в настоящее время в чаще всего именно на системы управления электроприводами вместе с системами технологической автоматики возлагаются задачи по реализации качества производственных процессов. С увеличением цен на энергоносители, большую часть которой составляют затраты на электроэнергию, и ограничениями энергогенерирующих установок проблемы энергосбережения и энергопотребления приобретают высокий потенциал. [1]

Результаты исследования. Существует множество путей сбережения энергии в асинхронном электроприводе. Рассмотрим некоторые из них.

1. Известно, что если при использовании асинхронного двигателя, номинальная мощность его больше чем требуемая, то возрастают капитальные затраты на электропривод, а также активные материалы, заложенные в нем, используются не полностью, что снижает КПД и коэффициент мощности двигателя. В том случае, если номинальная мощность меньше требуемой, происходит перегрев электрической машины, что приводит к повреждениям и преждевременному выходу из строя.

Большинство установленных в России двигателей имеют завышенную мощность, а средняя загрузка двигателя по отношению к установленной мощности не превышает 0,4...0,6. Эти решения чаще всего принимаются для исключения рисков, связанных с выводом из строя оборудования. Это приводит к тому, что коэффициент загрузки двигателя не превышает 0,4 [3], т.е. КПД электропривода значительно ниже номинального. На первый взгляд, это кажется незначительным. Так как эта проблема носит массовый характер, это приводит к тому, что из-за потери энергии составляют 1 – 1.5% от всей вырабатываемой в России энергии.

Выработка электроэнергии электростанциями ЕЭС России в 2022 году составила 1 121,6 млрд кВт·ч. [4]

$$P_{\text{п}} = 1\,121,6 * 0,01 \dots 0,015 = 11,216 \dots 16,824 \text{ млрд кВт} * \text{ч} \quad (1)$$

По данным расчетам потери электроэнергии составляют от 11, 216 до 16, 824 млрд кВт*ч только от двигателей с завышенной мощностью, по сравнению с номинальной.

2. Применение более совершенных материалов, например, аморфной стали, увеличение массы активных материалов (меди, железа) и технологий можно повысить номинальный КПД и коэффициент мощности электропривода. Такой путь сильно увеличивает затраты непосредственно на оборудование, но такой двигатель может окупить свою стоимость как за несколько лет, так и за

несколько месяцев за счет экономии электроэнергии. За время службы, а это может превышать десяток лет, он окупит как капитальные затраты, так и не принесет больших убытков предприятию.

Так, например, при замене двигателя АИР132М8У3 на энергоэффективный такой же мощностью, срок окупаемости составит примерно 21 месяц.

На рис. 1 показаны графики зависимости стоимости сэкономленной электроэнергии (Сэк) и дополнительных затрат (ΔЦ) на энергосберегающий двигатель в зависимости от длительности эксплуатации.

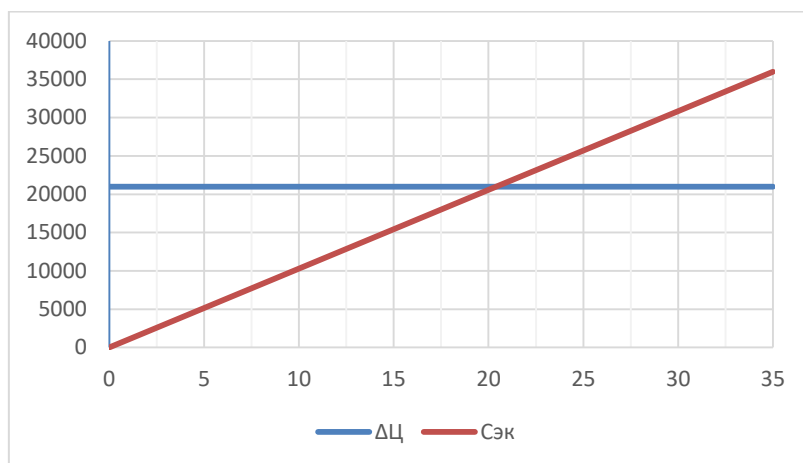


Рисунок 1 – График зависимости стоимости сэкономленной электроэнергии и дополнительных затрат.

3. При переходе к более эффективным системам электропривода, таким как система ТПН-АД (тиристорный преобразователь напряжения- асинхронный двигатель) [5], ППЧ-АД (полупроводниковый преобразователь частоты-асинхронный двигатель) [6] и при использовании реостатного регулирования. Такие системы приводят к минимальным потерям при применении частотно-регулируемых электроприводов.

4. Большинство асинхронных электроприводов работает в условиях медленно изменяющейся нагрузки, отклонение нагрузки электропривода от номинальной ухудшает энергетические показатели электропривода. Использование специальных технических средств, таких как устройства регулирования напряжения на двигателе (специальные регуляторы напряжения, преобразователи частоты, в которых предусмотрен режим энергосбережения.), могут помочь именно в таких ситуациях.

Заключение. Таким образом, энергосбережение является наиболее дешевым и безопасным способом увеличения энергогенерирующих мощностей. Такой вывод можно сделать исходя из того, что затраты на экономию 1 кВт мощности могут сэкономить затраты в 4-5 раз, чем стоимость вновь вводимого 1 кВт мощности. [2]

Энергосбережение является одним из приоритетных направлений для изучения в электротехнике, во-первых, потому, что многие ресурсы, используемые в энергетике, являются не возобновляемыми, во-вторых,

стоимость и сложность добычи этих ресурсов непрерывно возрастает, а, в-третьих, энергосбережение поможет с решением глобальных экологических проблем.

Список источников

1. Энергосберегающие электроприводы / В.М. Никитин, А.Д. Поздеев, Ф. И. Ковалев, Г. Н. Шестоперов // Электротехника. — 1996.— С. 52-55.
2. Браславский И.Я Энергосберегающий асинхронный электропривод: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, В.Н. Поляков; Под ред. И.Я. Браславского. – М.: Издательский центр “Академия”, 2004. – 256 с.
3. Ильинский Н. Ф. Основы электропривода: Учеб. пособие для вузов. — М.: МЭИ, 2000. - 164 с.
4. Системный оператор единой Энергетической системы: Отчет о функционировании ЕЭС России в 2022 году (на основе оперативных данных) – URL: <https://www.so-ups.ru/> – Текст: электронный.
5. Браславский И.Я., Зубрицкий О. Б., Куцин В. В. К определению мощности тиристорных асинхронных электроприводов при параметрическом управлении // Электротехника. — 1974. — № 10. — С. 23—26.
6. Браславский И. Я. Асинхронный полупроводниковый электропривод с параметрическим управлением. — М.: Энергоатомиздат, 1988. — 224 с.

© Никишков А.А., Овсянников В.Н., 2023

Научная статья
УДК 631.313

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ МОМЕНТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Владимир Николаевич Овсянников¹, Галина Жоржевна Левина²

¹Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

²Поволжский государственный колледж, г. Самара, Россия

¹ovsyannikov0512@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3028-6073>

²levinagg@rambler.ru, <https://orcid.org/0009-0008-7968-4703>

Аннотация. В статье рассмотрены критерии оптимальности моментного двигателя, проанализированы разные методы оптимизации моментного двигателя, приведены причины преимущественного применения градиентных методов и методов наискорейшего спуска (подъёма).

Ключевые слова: моментный двигатель, оптимизация, методы, критерии оптимальности.

Для цитирования: Овсянников В.Н. Методы оптимизации моментного двигателя / В.Н. Овсянников, Г.Ж. Левина // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы XIV Национальной конференции с международным участием

Original article

METHODS FOR OPTIMIZING THE TORQUE MOTOR

Vladimir Nikolaevich Ovsyannikov¹, Galina Zhorzhevna Levina²

¹Samara State Technical University, Samara, Russia

²Povolzhsky State College, Samara, Russia

¹ovsyannikov0512@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3028-6073>

²levinagg@rambler.ru, <https://orcid.org/0009-0008-7968-4703>

Annotation. The paper discusses the criteria for optimality of a torque motor, analyzes different methods for optimizing a torque motor, and gives reasons for the predominant use of gradient methods and methods of the descending (ascending).

Keywords: torque motor, optimization, methods, optimality criteria.

For citation: Ovsyannikov V.N. Methods for optimizing the torque motor / V.N. Ovsyannikov, G.Z. Levina // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. С.М. Bakirova - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Вопросам оптимизации моментного двигателя уделяется большое внимание и посвящено множество различных публикаций [1], в которых рассматриваются основы теории расчёта и выбора параметров оптимизации. В [2,3] критерием оптимизации является максимизация номинального электромагнитного момента, минимизация потребляемой мощности, объёма МД, массы МД.

В других источниках рассматриваются отличные от этих критерии оптимальности. Авторы проводят анализ тождественности различных критериев оптимальности моментного двигателя и приходят к выводу, что не существует и не может существовать единого критерия оптимальности такого сложного устройства, как МД. При расчетах необходимо учитывать температурное состояние моментного двигателя [4].

Материалы и методы. Важными критериями выбора метода оптимизации являются работоспособность МД в условиях заданного рельефа, экономичность, возможность отыскания глобального оптимума среди локальных экстремумов и т.д.

Существуют два основных класса методов оптимизации- направленный и случайный поиск.

Рассмотрим математическую модель задачи:

Найти минимальное значение целевой функции $y=F(x_1, x_2, \dots, x_n)$, при m -ограничениях-равенствах: $\varphi_i(x_j) = 0, i=(1, 2, \dots, m)$ и k -ограничениях-неравенствах: $\psi_j(x_j) \geq 0, j=(1, 2, \dots, k)$.

Ищем оптимальное решение- это допустимое решение, удовлетворяющее системе ограничений, при котором целевая функция принимает минимальное значение.

Результаты исследования. Рассмотрим основные методы поиска экстремумов для поставленной задачи.

Первая группа- это сетчатые методы или методы упорядоченного перебора.

Если математическая задача довольно проста, то при достаточно мелком шаге можно получить практически детальную поверхность отклика, что позволит с заданной точностью отыскать оптимум функции. Если количество факторов велико, то математическая модель усложняется, что приводит к нереализуемому числу испытаний сетчатого метода, а, следовательно, невозможности его применения.

Близки к сетчатым методам так называемые методы случайного поиска. При применении метода случайного поиска в области допустимых значений факторов выбирается некоторое количество случайных точек, и вычисляются для них значения выходного параметра, и из них выбирается лучший. Число выбора испытаний и окончания поиска очень неопределенны, поэтому говорить о достаточной вероятности отыскания оптимума можно лишь при большом количестве опытов.

Рассмотрим группу методов направленного поиска. К ним относятся симплекс-метод, градиентные методы, методы наискорейшего спуска (подъёма).

Симплекс-метод позволяет построить многогранник решений – симплекс с числом вершин $n+1$. При симплексном методе выбирается какое-либо допустимое базисное решение, для чего находится точка факторного пространства по априорным данным близкая к зоне оптимума, и в её окрестности строится базисный симплекс. В вершинах симплекса анализируются результаты решения, а затем симплекс поворачивается вокруг ребра, противоположного вершине с максимальным (при поиске минимума) значением параметра оптимизации. Процесс продолжается, пока не будет достигнут оптимум целевой функции. Но симплекс не работает на поверхностях с локальными экстремумами. В этом случае решение не улучшается в результате «зацикливания» решения. Поэтому симплекс-метод применяется в решении задач линейного программирования, а для решения нелинейной оптимизации моментного двигателя он малоприменим.

Градиентные методы имеют несомненное преимущество – сокращение количества вычислений для нахождения оптимума функции. При градиентном методе вычисляется градиент либо на каждом шаге движения к экстремуму, либо после нескольких шагов.

Градиент показывает направление наискорейшего подъёма.

При большом числе переменных объём вычислений становится значительным. Поэтому в «чистом» виде градиентный метод используется редко.

Заключение. С целью сокращения числа опытов применяется метод наискорейшего спуска, в котором после расчёта градиента в направлении антиградиента движение продолжается, пока спуск эффективен. После вычисления нового градиента направление корректируется. Этот метод хорошо показал себя и при оптимизации случайных процессов, где он получил название – метод Бокса – Уилсона. Этот метод хорошо себя зарекомендовал на существенных криволинейных поверхностях.

Таким образом, данный метод можно успешно применять при нахождении оптимума целевой функции моментного двигателя.

Список источников

1. Беседин И.М., Грузков С.А., Михеев А.В. Определение факторов, повышающих точность моментного двигателя // Межвузовский сборник трудов. М.: Изд-во МЭИ, 1983, №9, с.64-69.
2. Афанасьев А.Ю., Новиков В.А. Проектирование серий оптимальных моментных двигателей постоянного тока //Изв. Вузов. Электромеханика.1979. №2. с.119-125.
3. Овсянников В.Н. Оптимизация моментного электродвигателя для систем стабилизации подвижных транспортных объектов. Вестник транспорта Поволжья. 2013. № 6 (42). С. 20-25.
4. Иванников Ю.Н., Овсянников В.Н. Исследование температурного состояния моментного электродвигателя с ограниченным углом поворота ротора. Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2022. Т. 30. № 2 (74). С. 60-72.

© Овсянников В.Н., Левина Г.Ж., 2023

Научная статья
УДК 697

ВНЕДРЕНИЕ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ОТОПЛЕНИЯ КАК ОДНА ИЗ СОСТАВЛЯЮЩИХ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Александр Александрович Павликов¹, Антон Павлович Ищенко²

^{1,2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹Aleksandr.pavlikov7@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-9623-4752>

²Familienname@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3188-8199>

Аннотация. В статье приводится сравнение централизованного и децентрализованного отопления, а также возможность перехода потребителей на децентрализованное отопление.

Ключевые слова: тепловое потребление, теплофикация, теплоснабжение, тепловые сети, централизованное теплоснабжение, децентрализованное теплоснабжение.

Для цитирования: Павликов А.А. Внедрение децентрализованного отопления как одна из составляющих развития энергетики Российской Федерации / А.А. Павликов, А.П. Ищенко // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

INTRODUCTION OF DECENTRALIZED HEATING AS ONE OF THE COMPONENTS OF THE ENERGY DEVELOPMENT OF THE RUSSIAN FEDERATION

Alexander Alexandrovich Pavlikov¹, Anton Pavlovich Ishchenko²

^{1,2} Saratov State Agrarian University N. I. Vavilova, Saratov, Russia

¹ Aleksandr.pavlikov7@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-9623-4752>

² Familienname@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3188-8199>

Annotation. The article presents a comparison of centralized and decentralized heating, as well as the possibility of consumers switching to decentralized heating.

Keywords: heat consumption, heating, heat supply, heating networks, centralized heat supply, decentralized heat supply.

For citation: Pavlikov A.A. Introduction of Decentralized Heating as one of the Components of the Development of Energy in the Russian Federation / A.A. Pavlikov, A.P. Ishchenko // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. С.М. Bakirova - Saratov: Vavilov University, 2023

Введение. Потребление тепловой энергии – одна из основных статей топливно-энергетического баланса нашей страны. На теплоснабжение промышленных и коммунально-бытовых объектов расходуется около 1/3 всех используемых в стране первичных топливно-энергетических ресурсов. Вследствие этого широкое развитие получила теплофикация, которая представляет собой более рациональный метод использования топливных ресурсов для тепло- и электроснабжения.

Материалы и методы. Развитие теплофикации позволяет решать многие важные социальные проблемы такие, как повышение тепловой и общей экономичности электроэнергетического производства, обеспечение экономичного и качественного теплоснабжения жилищно-коммунальных и промышленных комплексов, снижение трудозатрат в тепловом хозяйстве.

В зависимости от размещения источника теплоты по отношению к потребителям системы теплоснабжения разделяются на:

- централизованные;

- децентрализованные.

Процесс централизованного теплоснабжения состоит из трех операций: подготовки, транспорта и использования теплоносителя.

Подготовка теплоносителя производится в специальных подготовительных установках на ТЭЦ, а также в городских, районных, групповых (квартирных) котельных. Транспортировка теплоносителя осуществляется по тепловым сетям, по которым он доставляется для использования в теплоприемниках потребителей.

В системах централизованного теплоснабжения источник теплоты и теплоприемники потребителей размещаются отдельно друг от друга, чаще на большом расстоянии, поэтому передача теплоты от источника до потребителей производится по тепловым сетям.

В системах децентрализованного теплоснабжения источник теплоты и теплоприемники потребителей совмещены в одном агрегате или размещены настолько близко, что передача теплоты от источника до теплоприемников может производиться без тепловой сети.

Системы децентрализованного теплоснабжения разделяются на два вида:

- индивидуальные;
- местные.

В индивидуальных системах теплоснабжение каждого помещения (участок цеха, комната, квартира) обеспечивается от отдельного источника. К таким системам относятся печное и поквартирное отопление. В местных системах теплоснабжение каждого здания обеспечивается от отдельного источника теплоты, обычно от местной котельной [1].

Результаты исследования. Для достижения максимального содействия социально-экономическому развитию страны, являющегося одной из основных целей развития энергетики Российской Федерации, требуется ускоренный переход к более эффективной, гибкой и устойчивой энергетике. Одной из составляющих частей данного перехода является дополнение централизованного теплоснабжения децентрализованным [3].

Протяженность тепловых сетей в двухтрубном исчислении в РФ постепенно начинает снижаться и составила на конец 2020 года 167,4 тыс. км., что меньше по сравнению с 2016 годом, когда протяженность составляла 171,5 тыс. км.

На конец 2020 г. общая протяженность тепловых сетей РФ нуждающихся в замене в соответствии со сроками эксплуатации в двухтрубном исчислении составила 51,5 тыс. км., в том числе протяженность ветхих сетей (т.е. сети, имеющие износ по данным технической инвентаризации выше 60%) составила 38,8 тыс. км. Протяженность тепловых сетей нуждающихся в замене, а также ветхих сетей в целом по РФ имеет тенденцию к увеличению. Протяженность тепловых сетей нуждающихся в замене увеличилась с 2016 по 2020 год на 4.1%, ветхих сетей - на 5,5%.

За период 2016-2020 гг. показатель доли потерь тепловой энергии в тепловых сетях от общего количества поданного в сеть тепла по России в целом

увеличился с 11,8% в 2016 г. до 12,3% в 2020 г., но в целом не имеет определенной динамики, изменяясь от 11,2% до 12,5% за пять лет.

Одним из важных факторов влияющих на величину тепловых потерь в сетях является физический износ трубопроводов (коррозионный износ металла трубопроводов), следствием которого является увеличение числа аварий, которые сопровождаются потерей тепловой энергии с теплоносителем (протечки на аварийных участках, слив теплоносителя при аварийно-восстановительных работах). Физический износ теплопроводов зависит от условий и сроков эксплуатации. В целом по РФ в рассматриваемый период с 2016 по 2020 годы наблюдается следующая тенденция: с увеличением доли трубопроводов, которые требуют замены в общей протяженности тепловых сетей, увеличивается число аварий, фиксируемых на них и доля тепловых потерь [2].

На сегодняшний день системы теплоснабжения многих городов Российской Федерации имеют значительный физический износ, что даёт мотивацию для многих рассмотреть отказ от централизованной системы теплоснабжения и перейти к децентрализованной.

Самым главным превосходством децентрализованных систем над централизованными является возможность каждого отдельного потребителя самому регулировать температуру. При возникновении чрезвычайных ситуаций на объектах централизованного отопления, большое количество потребителей остается без доступа к теплоснабжению, а также горячему водоснабжению. Исходя из этого, децентрализованная система отопления является предпочтительной, так как при чрезвычайных ситуациях количество абонентов, которые на время остаются без теплоснабжения, значительно меньше, чем при централизованной системе отопления.

Несмотря на это, децентрализованная система имеет ограничения, такие как:

- Система поквартирного теплоснабжения не может использоваться в здании, предназначенного для центрального отопления;
- При поквартирном теплоснабжении в высотном здании необходимо организационно-техническое решение вопроса отопления подъездов и иных общественных мест.

Значительно меньше проблем появляется при разработке децентрализованных систем теплоснабжения от автономных, интегрированных и пристроенных котельных отдельных объектов жилого, коммунально-бытового и промышленного назначения.

Заключение. Таким образом, систему децентрализованного теплоснабжения можно рассматривать как дополнение централизованному отоплению, так как децентрализованная система имеет весомые преимущества, а также из-за увеличения износа систем централизованного теплоснабжения.

Список источников

1. Кудинов А.А., Зиганшина С.К. Основы централизованного теплоснабжения. - Самара: Самар, гос. техн. ун-т, 2007. - 136 с.
2. Доклад о состоянии теплоэнергетики и централизованного теплоснабжения в российской федерации в 2020 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа - URL: <https://minenergo.gov.ru/node/22832> (дата обращения: 18.05.2023).
3. Энергетическая стратегия российской федерации на период до 2035 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа - URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026> (дата обращения: 18.05.2023).

© Павликов А.А., Ищенко А.П., 2023

Научная статья
УДК 620.95

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОТОПЛИВА НА ПРИМЕРЕ БИОГАЗА

Александр Александрович Павликов¹, Антон Павлович Ищенко²

^{1,2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹Aleksandr.pavlikov7@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-9623-4752>

²Familienname@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3188-8199>

Аннотация. В данной статье рассматривается биогаз, как один из видов биотоплива, его применение в биогазовых установках, а также эффект от использования данных установок.

Ключевые слова: биотопливо, биогаз, биогазовая установка, биоудобрения, газгольдер.

Для цитирования: Павликов А.А. Перспективы использования биотоплива на примере биогаза / А.А. Павликов, А.П. Ищенко // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

PROSPECTS FOR THE USE OF BIOFUELS ON THE EXAMPLE OF BIOGAS

Alexander Alexandrovich Pavlikov¹, Anton Pavlovich Ishchenko²

^{1,2} Saratov State Agrarian University N. I. Vavilova, Saratov, Russia

¹Aleksandr.pavlikov7@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-9623-4752>

²Familienname@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3188-8199>

Annotation. This article discusses biogas as one of the types of biofuels, its use in biogas plants, as well as the effect of using these plants.

Keywords: biofuels, biogas, biogas plant, biofertilizers, gas tank.

For citation: Pavlikov A.A. Prospects for the use of biofuels on the example of biogas / A.A. Pavlikov, A.P. Ishchenko // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. S.M. Bakirova - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Применение ископаемых источников энергии и влияние выбросов их продуктов сгорания в атмосферу заставляет нас изучать возможности использования и внедрения альтернативных видов топлива в агропромышленную отрасль. С целью сокращения расходов природных видов топлива идет развитие альтернативной энергетики. Многие виды топлива, которые относятся к нетрадиционным источникам энергии, были известны на протяжении долгого времени, однако из-за недостаточного технического развития не использовались. Одним из таких источников является биотопливо.

Биоэнергетика, как новая отрасль энергетики, даёт возможность решать две проблемы: получения топлива и охраны окружающей среды.

Материалы и методы. Как наука биоэнергетика изучает механизмы преобразования энергии в процессе жизнедеятельности биологических объектов. Главным источником для получения биотоплива является биомасса, которая представляет собой биологически разлагаемые составляющие продуктов и отходов сельского хозяйства, а также биологически разлагаемые компоненты промышленных и бытовых отходов. Одним из главных видов биотоплива является биогаз [3].

Биогаз представляет собой газообразное вещество, возникающее в результате разложения органического материала бактериями. Несколько групп бактерий разлагают органический субстрат, состоящий из воды, углеводов и минеральных веществ, на их составляющие – углекислый газ, метан. Метан является основным компонентом биогаза (до 85%) [1].

Данный процесс разложения органического субстрата называется гниением и возможен только при анаэробных условиях, это означает, что такой процесс проходит при отсутствии кислорода. Подобный процесс гниения можно наблюдать на различных водоемах (озера, болота, трясины и т.д.). В случае, если в такой среде присутствует кислород такой процесс будет называться компостированием.

Результаты исследования. Чаще всего биогазовая установка представляет собой герметичную емкость, к которой при нужной температуре происходит брожение органической массы отходов, в результате которого происходит образование биогаза. Принцип работы всех биогазовых установок один и тот же и заключается в следующем: сырьё, доведенное до необходимого уровня влажности в специальной емкости, подается в реактор, где создаются условия, необходимые для нормального протекания процесса переработки сырья [2].

Биогаз, получающийся в результате переработки сырья, собирается и хранится в специальном герметичном сосуде – газгольдере. Сырьё,

переработанное в реакторе, превратившееся в биоудобрение, удаляется через выгрузное отверстие и в дальнейшем вносится в почву, а также может использоваться в качестве кормовой добавки для животных.

Основным направлением использования биогаза является его преобразование в источник тепловой энергии. На биогазе работают газосжигающие установки, вырабатывающие энергию, которая может быть использована для отопления и освещения производственных помещений, а также для работы водонагревателей [1].

Основой большинства приборов, используемых в быту, в которых можно использовать биогаз, является горелка. В большинстве случаев более предпочтительными будут горелки атмосферного типа, работающие на биогазе, предварительно смешанном с воздухом.

Потребление газа горелками довольно сложно определить заранее, поэтому конструкция и настройка горелок должны определяться для каждого отдельного случая экспериментально. Биогазу, по сравнению с другими газами, для возгорания необходимо меньшее количества воздуха. Из этого следует, что обычные газовые приборы нуждаются в более широких жиклерах для прохождения биогаза. Для полного сгорания биогаза объемом в 1 литр необходимо порядка 5,7 литров воздуха, в то время как для сгорания бутана – 30,9 литра, а для пропана – 23,8 литра

Излучающие нагреватели используются в сельском хозяйстве для получения нужных температур для выращивания поросят и цыплят, в ограниченном пространстве. Чаще всего регулировка температуры заключается в поднятии или опускании обогревателя [2].

Биогаз можно использовать в качестве топлива для автомобильных двигателей, однако эффективность его в данном случае будет зависеть от уровня содержания метана и наличия других примесей. На метане могут работать как карбюраторные, так и дизельные двигатели. Однако, так как биогаз является высокооктановым топливом, более эффективно его использование в дизельных двигателях. Для работы двигателей необходимо большое количество биогаза и установка на двигатели внутреннего сгорания дополнительных устройств, которые позволяют им работать как на бензине, так и на метане.

Биогазовые установки позволяют проводить утилизацию отходов и сточных вод, за счет чего улучшается санитарная и гигиеническая ситуация в стране в целом, а также для индивидуальных фермеров в частности. Кроме того, во время переработки активно уничтожается патогенная микрофлора.

Технологии производства биогаза не только поддерживают экономику и экологическую ситуацию в стране, но и дают возможности местному населению для улучшения жизненных условий. Улучшаются санитарные условия и здоровье населения. Занятость, профессиональная квалификация и производство продовольствия для сельских жителей также улучшаются [2].

Заключение. Подводя итог, необходимо отметить, что использование биогаза, получаемого из различных органических масс, не только обеспечивает экономию традиционных ископаемых ресурсов, но и позволяет решать

проблемы экономического и социального характера в обществе. Чем активнее будет происходить развитие нетрадиционной энергетики, тем больше подобных установок будет использоваться в промышленности и сельском хозяйстве.

Список источников

1. Эдер, Б. Биогазовые установки [Текст]: практическое пособие /Б. Эдер, Х. Шульц — Издано в 1996г. Перевод с нем. выполнен компанией Zorg Biogas в 2011г. Под научной редакцией И.А. Реддих. – 268 с.
2. Веденев, А.Г. Биогазовые технологии в Кыргызской Республике [Текст] / А.Г. Веденев, Т.А. Веденева, ОФ «Флюид». – Бишкек: Типография «Полиграфоформление», 2006. – 90 с.
3. Биоэнергетика: мировой опыт и прогноз развития: науч. аналит. обзор / под ред. В. В. Ананьева, И. С. Горячева, В. И. Сидорова; Мин-во сельского хозяйства РФ. – М.: «Росинформагротех», 2007 – 202 с.

© Павликов А.А., Ищенко А.П., 2023

Научная статья
УДК: 631.3

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ПОГРУЗЧИКОВ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Павел Иванович Павлов¹, Валентин Владимирович Васильчиков²

^{1,2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹ppi@sgau.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8186-6305>

²vasilchikov_v@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1521-3071>

Аннотация. В статье рассмотрено применение электромеханического устройства для управления режимными параметрами погрузчиков сельскохозяйственного назначения. Рассмотрена особенность применения электромеханического устройства на базе микроконтроллера для контроля и управления режимными параметрами погрузчиков непрерывного действия для повышения их эффективности.

Ключевые слова: погрузчик непрерывного действия, эксплуатация, режимы работы, автоматизированный контроль.

Для цитирования: Павлов П.И. Применение электромеханического устройства для управления режимными параметрами погрузчиков непрерывного действия / П.И. Павлов, В.В. Васильчиков // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

THE USE OF AN ELECTROMECHANICAL DEVICE TO CONTROL THE OPERATING PARAMETERS OF CONTINUOUS LOADERS

Pavel Ivanovich Pavlov¹, **Valentin Vladimirovich Vasilchikov**²

^{1,2}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering. N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹pavlovsgau@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8186-6305>

²vasilchikov_v@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1521-3071>

Annotation. The article discusses the use of an electromechanical device to control the operating parameters of agricultural loaders. The peculiarity of the use of electromechanical device based on microcontroller for monitoring and controlling the operating parameters of continuous loaders to increase their efficiency is considered.

Keywords: continuous loader, efficiency, operating modes, automated control.

For citation: Pavlov P.I. The use of electronic module to control the regime parameters of continuous loaders / P.I. Pavlov, V.V. Vasilchikov // Actual problems of energy in the agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. C.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Одной из современных тенденций развития сельского хозяйства является внедрение автоматизации процессов производства, позволяющей существенно повышать эффективность производственного процесса. Особое внимание в зарубежном и отечественном машиностроении уделяется оснащению машин современными средствами автоматизации и контроля режимных параметров.

В работе погрузчиков со шнековым питателем в силу особенностей погрузочного материала автоматика не может заменить оператора полностью, поэтому функцией автоматики является не замена оператора, а облегчение его работы и повышение качества управления автоматизация и управление технологическим процессами в области управления погрузо-разгрузочными процессами все больше приобретает значимую роль [1,2].

Также стоит учитывать, что невозможно обеспечить высокую точность дозирования топлива, управления согласованной работой двигателя, трансмиссии и других систем погрузчика без использования современных электронных технологий.

Материалы и методы. Основной целью автоматизации механизмов непрерывного транспорта является повышение их производительности и надежности работы. Требования к уровню автоматизации данных механизмов определяются прежде всего характером выполняемых ими функций.

Для решения данной задачи предложено электронное устройство на базе микроконтроллеров для контроля и управления режимными параметрами погрузчиков непрерывного действия.

Предлагаемый погрузчик оснащен датчиками высоты слоя и расстояния до массива груза. Каждый датчик установлен на отдельной стойке регулируемой длины и связан с блоком управления и цифровым демонстрационным устройством, расположенным на панели приборов в кабине погрузчика (рисунок 1).

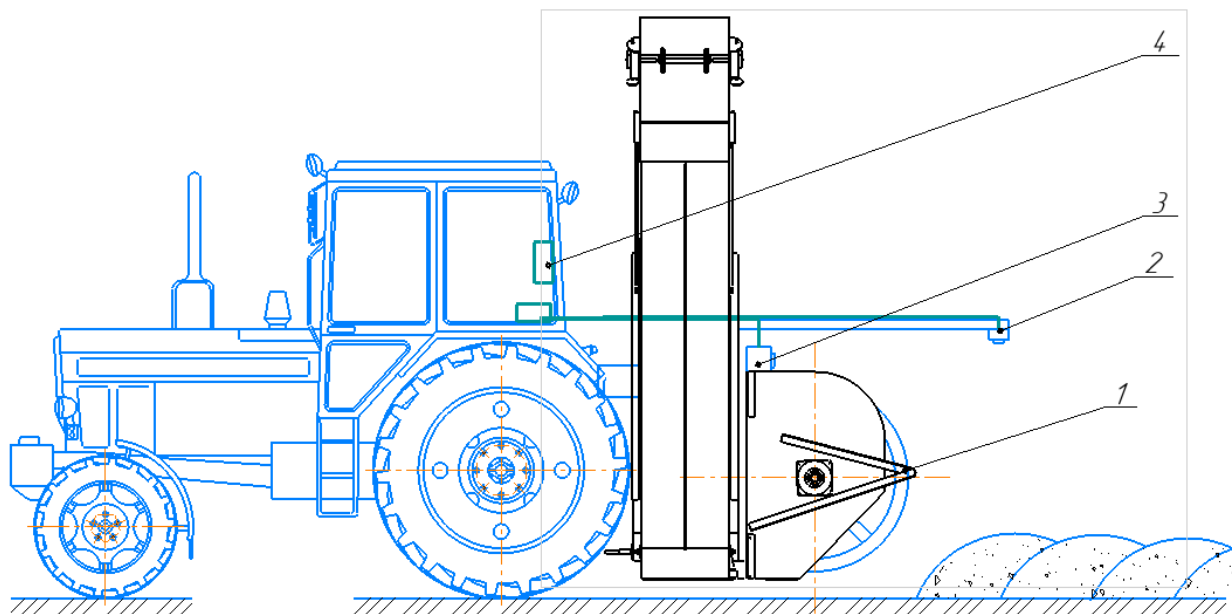


Рисунок 1 – Погрузчик непрерывного действия с установленным электромеханическим устройством контроля режимных параметров

Сигнал от установленных на раме погрузчика датчиков высоты слоя сыпучего груза и датчика расстояния до массива груза поступает на электронный блок управления, подключений к смартфону или планшету.

В зависимости от получаемой от системы датчиков информации электронным блоком управления подается сигнал на экран демонстрационного устройства (смартфона или планшета) для возможности контроля оператором основных режимных параметров, а также подается управляющий сигнал на узел дроссельной заслонки.

На рисунке 1 представлен общий вид погрузчика непрерывного действия с устройством контроля режимов работы [3,4]. Погрузчик содержит питатель 1 в виде подающего барабана с подпорной стенкой, скребковый конвейер с желобом. Впереди над подающим барабаном, установлены датчики высоты слоя груза 2 и датчик расстояния до массива груза 3. К датчикам присоединены провода электрической цепи (или связь осуществляется по беспроводным каналам), которые проходят в кабину погрузчика и соединяются с блоком управления 4.

При работе погрузчика датчики 2 измеряют высоту слоя перед подающим барабаном, а датчики 3 - расстояние до массива груза (рисунок 2).

Результаты исследования. Предлагаемая конструкция позволяет достичь следующих технических результатов: погрузчик работает в оптимальном режиме без остановок и перегрузок; снижается энергоемкость и увеличивается

производительность погрузчика [3,4]. Данные от датчиков передаются в электронный блок управления с демонстрационным устройством. На экран демонстрационного устройства выводятся рекомендуемая поступательная скорость погрузчика и частота вращения рабочего органа. В соответствии с показаниями демонстрационного устройства оператор задает скорость движения погрузчика. При изменении высоты слоя груза перед подающим барабаном блок управления подает сигнал на демонстрационное устройство, и оператор увеличивает или уменьшает скорость движения погрузчика в соответствии с данными на демонстрационном устройстве.



Рисунок 2 – Рама погрузчика непрерывного действия с установленными датчиками высоты слоя перед подающим барабаном

Заключение. Применение авторизованных систем контроля в сельскохозяйственном производстве обусловлено в первую очередь существенным положительным влиянием их работы на качество работы всей технологической системы в целом. В случае с погрузчиками непрерывного действия подобные устройства делают работу оператора более комфортной и помогают ему экономить дорогое рабочее время и средства, главным образом за счет экономии топлива. Но потенциал для дальнейшего расширения автоматизации и совершенствования автоматизированных систем далеко не исчерпан. Одно из перспективных направлений автоматизация не только отдельных операций, но и работы сельскохозяйственных погрузчиков в целом.

Список источников

1. Пат. 207068 Российская Федерация, МПК В65G 65/16 Погрузчик непрерывного действия с устройством выбора режима работы / П.И Павлов , П. В. Полосухин; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский

государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова" – № 2021105409,; заявл. 03.03.2021; опубл. 1.10.2021, Бюл. № 29.

2. Павлов П.И., Факторы, влияющие на энергоемкость фронтальной погрузки. /Павлов П.И., Васильчиков В.В., Жигунов С.А.//Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова № 6 2014.

3. Токарев, В.И. Разработка методов и средств повышения эксплуатационной эффективности мобильных погрузчиков сельскохозяйственного назначения. [Текст]: дис. ... канд. ист. наук: 05.20.01: защищена 17.12.2018: / Токарев Владимир Иванович. - Волгоград., 2018. - 174 с.

4. Павлов П.И. Повышение эксплуатационной эффективности погрузчиков непрерывного действия за счёт системы автоматизированного контроля режимов работы /Павлов П.И., Васильчиков В.В.// Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники. материалы XXXV Международной научно-технической конференции имени В.В. Михайлова. Саратов, 2022. С. 112-115.

5. Погрузчики периодического и непрерывного действия – виды, краткое устройство, работа. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://infopedia.su/3x2034.html>

© Павлов П.И., Васильчиков В.В., 2023

Научная статья

УДК 631.371

ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ШНЕКОФРЕЗЕРНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ПОГРУЗЧИКА-СМЕСИТЕЛЯ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОГО КОМПОСТА

Павел Иванович Павлов¹, Валентин Владимирович Васильчиков², Иван Леонидович Дзюбан³

^{1,2,3}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹ppi@sgau.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8186-6305>

²vasilchikov_v@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1521-3071>

³dil@yandex.ru,

Аннотация. В статье приведено теоретическое определение энергоемкости шнекофрезерного рабочего органа погрузчика-смесителя органо-минерального компоста. Получено выражение для расчета мощности привода, производительности и энергоемкости при различных значениях конструктивно-режимных параметров.

Ключевые слова: органо-минеральный компост, погрузчик-смеситель, шнекофрезерный рабочий орган, мощность привода, производительность, энергоемкость.

Для цитирования: Павлов П.И. Энергоемкость шнекофрезерного рабочего органа погрузчика-смесителя органо-минерального компоста / П.И. Павлов,

В.В. Васильчиков, И.Л. Дзюбан // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

THE ENERGY INTENSITY OF THE SCREW MILLING WORKING BODY OF THE LOADER-MIXER OF ORGANOMINERAL COMPOST

Pavel Ivanovich Pavlov¹, Valentin Vladimirovich Vasilchikov², Ivan Leonidovich Dzyuban³

^{1,2,3}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering. N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹pavlovsgau@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8186-6305>

²vasilchikov_v@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1521-3071>

³dil@yandex.ru,

Annotation. The article provides a theoretical definition of the energy intensity of the screw milling working body of the loader-mixer of organo-mineral compost. An expression is obtained for calculating the drive power, performance and energy consumption at different values of design-mode parameters.

Keywords: organo-mineral compost, loader mixer, screw milling working body, drive power, productivity, energy consumption.

For citation: Pavlov P.I. The energy intensity of the screw milling working body of the loader-mixer of organomineral compost. / P.I. Pavlov, V.V. Vasilchikov I.L. Dzyuban // Actual problems of energy in the agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. С.М. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Органо-минеральные компосты позволяют существенно сократить затраты на сохранение и повышение плодородия почв. В настоящее время специальных машин для компостирования удобрений в необходимых объемах серийно практически не выпускается. Используются погрузчики непрерывного действия ПНД-250; разбрасыватели РОУ, ПРТ-7; приставка для рыхления компоста типа ПРК-20 и др. Существующие машины не обеспечивают необходимой степени смешивания, что снижает эффективность его применения. Большое количество операций приводит к росту затрат на приготовление органоминерального компоста.

Материалы и методы. Основным технологическим требованием в приготовлении органо-минеральных компостов является получение равномерной смеси компонентов. Ввиду отсутствия специальных машин широкое распространение получил способ послонной, или очаговой, укладки компонентов с последующим их перемешиванием бульдозером [1]. Преимущество данной технологии заключается в ее простоте и широкой доступности. Недостаток приготовления компостов с использованием

бульдозера – низкое качество смеси, что снижает эффективность удобрений, поэтому более перспективными являются технологии, обеспечивающие тщательное смешивание компонентов.

На основании анализа недостатков существующих технологических схем производства и внесения компоста [1], разработана новая технология его приготовления, которая исключает отдельную операцию внесения минеральных удобрений и других составляющих. Минеральные удобрения вносят непосредственно перед погрузкой разработанным погрузчиком - смесителем [2,3], имеющим специальный дозатор.

В состав погрузчика-смесителя входят: дозирующие и подающие рабочие органы, включающие бункер-дозатор с выгрузными отверстиями и дозирующий вал с катушками; фрезерующий и смешивающий рабочий орган, представляющий собой ленточного шнека, оснащенный зубьями [4,5]; отгрузочный транспортер.

Проведенный теоретический анализ позволил обосновать энергоемкость процесса смешивания исходных материалов в компост.

Результаты исследования. Мощность на фрезерование равна окружной силе фрезерования $F_{фр}$ умноженной на окружную скорость v_3 [6]:

$$P_{фр} = F_{фр} v_3 = z_0 v_3 (\tau_p B_3 h \sin(\varphi_\tau + 0,5\gamma) + \sigma_p B_3 v_{ПС} / (nz_1) + m(0,5\omega D_p) / t) \quad (1)$$

где m – масса отделяемых компонентов компоста, кг; z_0 – количество зубьев z_0 , одновременно взаимодействующих с буртом; D_p - диаметр по режущим зубьям, м; B_3 – ширина зуба, м; h - толщина режущей кромки зуба, м; τ_p – напряжения среза компонента компоста, Па; φ_τ – угол трения компонентов по металлу; γ – угол при вершине зуба. σ_p – напряжение разрыва стружки, Па; z_1 – количество зубьев работающих в одной плоскости; $v_{п.с}$ - поступательная скорость погрузчика-смесителя, м/с; n - частота вращения рабочего органа, c^{-1} ; t - время разгона отделенных частей компонентов, с.

Подставляя выражение для окружной скорости зубьев, получим:

$$P_{фр} = 0,5\omega D_p z_0 (\tau_p B_3 h \sin(\varphi_\tau + 0,5\gamma) + \sigma_p B_3 v_{ПС} / (nz_1) + m(0,5\omega D_p) / t) \quad (2)$$

Мощность на транспортирование с одновременным перемешиванием:

$$P_{ТР} = (mgf \cos \varphi + mgf \sin \alpha + 0,5m\omega^2 R \cos \theta) l \times n \quad (3)$$

где f – коэффициент трения компонентов о поверхность кожуха и винта (сталь); φ , α , θ – углы между соответствующими силами и осью шнекового рабочего органа; ω - угловая скорость рабочего органа, рад/с; l – длина траектории движения отделенных компонентов, м.

Сумма выражений (2) и (3) дает мощность $P_{р.о}$ необходимую для привода шнекофрезерного рабочего органа.

Производительность шнекофрезерного рабочего органа погрузчика-смесителя: зависит от плотности компоста ρ , $кг/м^3$; площади поперечного сечения $A, м^2$; бурта и скорости движения v , м/с погрузчика [6-8]:

$$Q = \rho A v, \text{ кг/с} \quad (4)$$

Теоретическая энергоемкость процесса фрезерования, транспортирования и смешивания компонентов компоста [6]:

$$E = \frac{P_{fp} + P_{mp}}{Q} \quad (5)$$

Заключение. Подставляя в выражение (5) формулы для мощности и производительности получим расчетное выражение энергоемкости шнекофрезерного рабочего органа погрузчика-смесителя органо-минерального компоста. Полученное выражение позволяет определять энергоемкость при различных значениях конструктивно-режимных параметров.

Список источников

1. Дзюбан, И.Л. Повышение эффективности технологического процесса смешивания и погрузки органоминерального компоста путем обоснования параметров погрузчика-смесителя: дисс. канд. техн. наук / Саратов, 2016.
2. Патент на полезную модель № 87153; МПК В65G 67/24; Погрузчик смеситель / Павлов П.И., Левченко Г.В., Алексеенко И.С., опубл. 27.09.2009, Бюл. № 27.
3. Патент на полезную модель № 117906; МПК В65G 67/24, 65/22; Рабочий орган погрузчика смесителя / Павлов П.И., Левченко Г.В., Везиров А.О., Дзюбан И.Л., опубл. 10.07.2012, Бюл. № 19.
4. Патент РФ №2083463, МКИ В 65 G 67/24 // (В 65 G 65/22) Шнекофрезерный питатель / Павлов П.И., Хитрова Н.В., опубл. 10.07.97, Бюл. № 19.
5. Павлов, П.И. Питатель фрезерующего типа для погрузки органических удобрений / П.И. Павлов, Е.Е. Демин, Р.Р. Хакимзянов // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2006. – № 3. – с. 31–34.
6. Павлов, П.И. Научно-технические решения проблемы ресурсосбережения при использовании навозопогрузчиков непрерывного действия: дис. д-ра техн. наук / Саратов, 2002. – 441 с.
7. Павлов, П.И. Определение производительности фрезерующих рабочих органов погрузчика навоза [Текст] / П.И. Павлов, Е.Е. Демин, Р.Р. Хакимзянов // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. – № 4. – С. 14–17.
8. Павлов, П.И. Результаты исследований производительности погрузчика-смесителя органоминерального компоста [Текст] / П.И. Павлов, И.Л. Дзюбан // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2014. – № 7. – С. 35–37.

© Павлов П.И., Васильчиков В.В., Дзюбан И.Л., 2023

Научная статья
УДК 681.5

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЗАРЯДКИ АККУМУЛЯТОРОВ ВЕТРО-СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Георгий Константинович Половнев¹, Сергей Владимирович Вендин²

^{1,2}Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, п. Майский, Россия

^{1,2}elapk@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по разработке функциональной схемы устройства для зарядки аккумуляторов для автономной ветро-солнечной электростанции.

Ключевые слова: ветро-солнечная электростанция, аккумулятор, зарядка, управление.

Для цитирования: Половнев Г.К. Разработка функциональной схемы устройства для зарядки аккумуляторов ветро-солнечной электростанции / Г.К. Половнев, С.В. Вендин // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV. Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова - Саратов: ФГБОУ ВО; Вавиловский университет, 2023.

Original article

DEVELOPMENT OF A FUNCTIONAL DIAGRAM OF A DEVICE FOR CHARGING BATTERIES OF A WIND-SOLAR POWER PLANT

Georgy Konstantinovich Polovnev¹, Sergey Vladimirovich Vendin²

^{1,2}Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorina, Maisky village, Russia

^{1,2}elapk@mail.ru

Annotation. The article presents the results of research on the development of a functional diagram of a device for charging batteries for an autonomous wind-solar power plant.

Keywords: wind-solar power plant, battery, charging, control.

For citation: Polovnev G.K. Development of a functional diagram of a device for charging batteries of a wind-solar power plant / G.K. Polovnev, S.V. Vendin // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the XTV National Conference with international participation / Ed. S.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023

Введение. Анализ показывает, что эффективность сельскохозяйственного производства сильно зависит от надежности электрообеспечения производственных процессов и качества поставляемой электроэнергии [1-4 и

др.]. Повысить надежность электроснабжения потребителей можно за счет использования дополнительных источников энергоснабжения, включая другие источники энергии. Безусловно, создание энергетических комплексов усложняет и удорожает энергетическую систему, особенно при малых установленных мощностях системы. Это определяет научно-технические задачи поиска оптимальных решений для использования традиционных систем, включая ветровые и солнечные электростанции. Поэтому актуальной научной и инженерной задачей является разработка системы управления процессом зарядки аккумуляторов для автономной ветро-солнечной электростанции, позволяющей отслеживать процесс зарядки аккумуляторов в каждом автономном модуле и осуществлять переключение заряда на модуль с недостатком тока зарядки (при отсутствии ветра или в пасмурную погоду) [5-8].

Материалы и методы. Методология исследований предполагала использование методов анализа научной литературы и патентного поиска. При этом задачи исследований включали: анализ известных технических решений, разработку функциональной схемы устройства для зарядки аккумуляторов ветро-солнечной электростанции.

Результаты исследования. Ниже представлены результаты исследований по разработке системы управления процессом зарядки аккумуляторов для автономной ветро-солнечной электростанции. Рассматривается структурная схема ветро-солнечной электростанции малой мощности (рисунок 1).

В общую комплектацию системы входят элементы классических схем подобных электростанций, но применяется новая схема процессом зарядки аккумуляторов для автономной ветро-солнечной электростанции

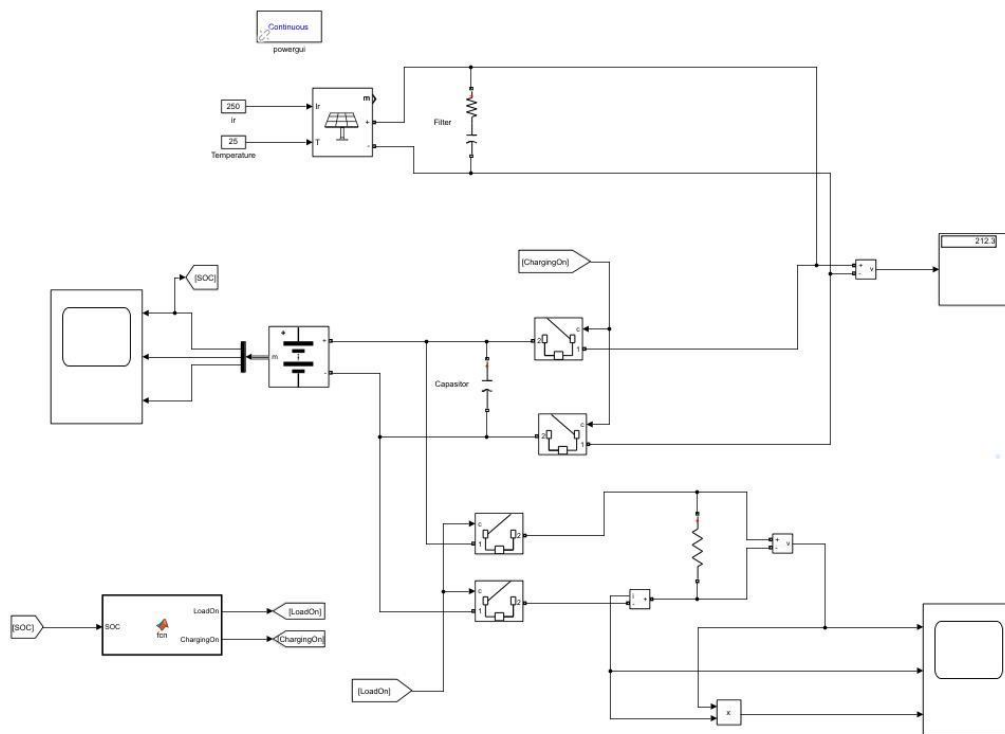
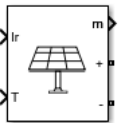
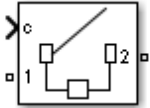




Рисунок 1 – Структурная схема при зарядке от солнечной панели
Основные элементы схемы представлены ниже в таблице 1.

Таблица 1 - Основные элементы схемы заряда аккумулятора

Обозначения	Наименование
	Солнечная панель на вход которой подается температурная характеристика и значение текущего излучения
	Переключатель для контроля питания АКБ в зависимости от значения состояния его уровня заряда
	Нагрузка, которая реализует разряд АКБ
	Конденсатор для сглаживания скачков напряжения в схеме при переключении от нагрузки к питанию АКБ

На основе проведенных исследований была разработана блок-схема алгоритма переключения заряда обеспечивающая контроль состояния и переключения аккумулятора из режима источника в режим зарядки (потребителя).

Блок-схема алгоритма переключения заряда приведена на рисунке 2.

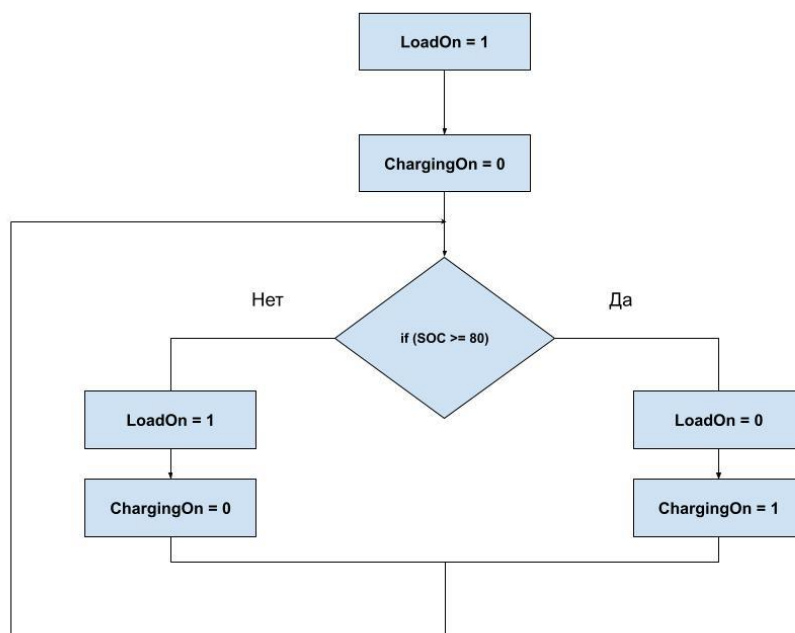


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма переключения заряда

Заключение. Проведен анализ схемных решений систем управления процессом зарядки аккумуляторов для автономной ветро-солнечной электростанции малой мощности. Предлагается структурная схема ветро-солнечной электростанции малой мощности и система управления, позволяющая

отслеживать процесс зарядки аккумуляторов в каждом автономном модуле и осуществлять переключение заряда на модуль с недостатком тока зарядки (при отсутствии ветра или в пасмурную погоду).

Список источников

1. Нестеров, А.М. Обзор возможности строительства ВЛ 35 кВ в габаритах ВЛ 10 кВ в Белгородской области / А.М. Нестеров, С.В. Вендин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 6. С. 200-203.
2. Вендин, С.В. Автоматизация механических и тепловых процессов в многокамерном биогазовом реакторе непрерывной загрузки сырья / С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2016. № 4 (74). С.55-60.
3. Виноградов, А. В. Анализ основных составляющих эффективности систем электроснабжения сельских потребителей / А. В. Виноградов, А. В. Виноградова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – №3 (54). – С. 96-102.
4. Виноградов, А. В. Отключения в электрических сетях 0,4 кВ: количество, причины и контрмеры /А. В. Виноградов, В. Е. Большев, А. В. Виноградова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2020. – №2 (58). – С. 77-81.
5. Елистратов, В. В. Оптимизация фотоэлектрических модулей при проектировании солнечных электростанций / В. В. Елистратов, Е. С. Аронова, М. З. Шварц // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2012. - № 37. - С.259-263.
6. Калашник, В. И. Регулятор заряда аккумуляторных батарей от солнечных панелей / В. И. Калашник, К. Р. Казаров, В. А. Черников // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2015. - №1.- С. 20-22.
7. Козюков, Д. А. Контроллеры заряда-разряда аккумуляторных батарей солнечных фотоэлектрических установок / Д. А. Козюков, Б. К. Цыганков // Инновационная наука. - 2015. № - 8-2 (8). - С. 4144.
8. Устройства развязки аккумуляторов. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://forum.cxem.net/index.php?/topic/132578> (дата обращения: 10.04.2023).

© Половнев Г.К., Вендин С.В., 2023

Научная статья
УДК 621.3.05

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ОПТИМАЛЬНОЙ ЗОНЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА РАСПРЕДЕЛЁННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Иван Николаевич Попов¹, Андрей Александрович Верзилин²

^{1,2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹ Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, Россия

¹ivanvuser@mail.ru, <https://elibrary.ru/id=50218021>

²verzilin-a@mail.ru, <https://elibrary.ru/id=49460976>

Аннотация. В статье рассматривается критериальный анализ эффективности источника распределенной энергетики с выработкой тепловой и электрической энергии для снабжения предприятий и поселений. Приводятся анализ факторов и обобщённые зависимости для оценки наиболее эффективных систем энергоснабжения на основе сравнения приведенных затрат.

Ключевые слова: распределенная энергетика, мощность, нагрузка, когенерация, тепловая энергия, электроэнергия, радиус энергоснабжения, приведенные затраты.

Для цитирования: Попов И.Н. Определение критериев оптимальной зоны энергоснабжения источника распределённой энергетики /И.Н. Попов, А.А. Верзилин // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023

Original article

DETERMINATION OF CRITERIA FOR THE OPTIMAL ENERGY SUPPLY ZONE OF A DISTRIBUTED ENERGY

Ivan Nikolaevich Popov¹, Andrey Alexandrovich Verzilin²

^{1,2}Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹Saratov State Technical University named after Gagarin Yu.A., Saratov, Russia

¹ivanvuser@mail.ru, <https://elibrary.ru/id=50218021>

²verzilin-a@mail.ru, <https://elibrary.ru/id=49460976>

Annotation. The article considers a criterion analysis of the efficiency of a distributed energy source with the generation of thermal and electrical energy for the supply of enterprises and settlements. The analysis of factors and generalized dependencies for evaluating the most efficient energy supply systems based on a comparison of the predict costs are given.

Keywords: distributed energy, power, load, cogeneration, thermal energy, electricity, power supply radius, predict costs.

For citation: Popov I.N. Determination of criteria for the optimal energy supply zone of a distributed energy/ I.N. Popov, A.A. Verzilin // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. С.М. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023

Введение. Распределённая энергетика приобрела повышенное внимание и особое значение в теоретических исследованиях и частных практиках энергоснабжения XXI века, определив возможные решения при поиске альтернатив традиционной организации энергосистем, сложившихся в прошлом столетии.

Специалистами ведущих научных школ и учёных академии наук проведена оценка роли и современного состояния распределённой энергетики, определение потенциала распределённой энергетики для покрытия потребности в генерирующих мощностях на несколько ближайших десятилетий [1].

Особое внимание уделено оценке потенциала распределенной когенерации и микрогенерации на возобновляемых источниках энергии, роль которых рассматривается как весьма значимая, а с учётом различных сценариев в изменении спроса как требующая стимулирования развития. Это позволяет рассматривать источники распределенной энергетики как вполне конкурентоспособные объекты генерации, с помощью которых может осуществляться автономное электроснабжение предприятий в целом, или отдельных технологических процессов, в том числе в сельском хозяйстве [2,3].

В первую очередь этому способствует возрастающий объем ввода мощностей распределенной генерации при новых подключениях в ходе глобальной электрификации, продиктованный соображениями экономической целесообразности у потребителей энергии.

При этом, сдерживающими факторами в развитии распределенной энергетики остаются невысокая конкурентоспособность различных проектов в условиях определённых регионов и даже отдельных локациях, а также значительные единовременные затраты на генерирующее и сопутствующее оборудование объектов локальных энергосистем [1,2].

Материалы и методы. В большинстве своём, разрабатываемые проекты локального энергоснабжения являются объектами распределённой электрогенерации, вынужденные конкурировать в условиях весьма развитой архитектуры российской электроэнергетики.

При этом наибольшей перспективой в России обладает распределенная когенерация, как технология, показывающая высокую эффективность аналогично тому, как на совместной выработке конкурентным преимуществом характеризуется теплофикация.

Критерии эффективности теплофикации весьма многофакторные, так как тепловая и топливная экономичность зависит от конструктивных решений и режимных параметров функционирования и условий охвата потребителей при передаче выработанной энергии.

Результаты анализа. Выполняя отпуск электрической энергии, теплофикационные электростанции как правило включены в единую энергетическую систему, где действуют общие принципы распределения и регулирования генерации электроэнергии. При оценке эффективности в пересчёте на полезную мощность необходимо учитывать технологический расход мощности на покрытие потерь в линиях электропередачи, которые растут с увеличением дальности передаваемой электроэнергии.

На эффективность централизованной системы теплоснабжения оказывают влияние климатические условия, виды теплового потребления, плотность тепловой нагрузки, радиус теплоснабжения, вид топлива и другие факторы. При выборе источника теплоснабжения также необходимо приведение источников тепла в сопоставимый вид, учитывающий протяженность тепловых сетей, связанные с этим неизбежные потери тепла и рост затрат на передачу теплоносителя с увеличением радиуса действия сети теплоснабжения.

В централизованной системе для снижения материалоемкости и доли потерь доступны решения по увеличению начальных параметров передаваемых энергоресурсов, такие как напряжение в электрической сети и температура теплоносителя тепловой сети, позволяющих существенно расширить зону действия сетей, с возможностью переходить на потребительские параметры энергоресурсов в непосредственной близости к потребителю энергии.

При масштабировании от централизованной энергосистемы к локальной энергосистеме распределённой энергетики такие возможности снижаются с понижением установленной мощности источника энергогенерации. Что закономерно приводит к снижению радиуса действия и зоны охвата сетей распределённой энергетики в рамках обособленной локализации.

Учитывая, что к распределённой когенерации относят генерирующие объекты, вырабатывающие электрическую и тепловую энергию в непосредственной близости от места ее конечного потребления, при этом не требующие сооружений повышающих трансформаторных подстанций, то мощность их ограничена общей для всех технологий границей в 25 МВт. При этом, как правило, используются мини-ТЭЦ (газовые турбины, поршневые двигатели) – до 6 МВт работающие на природном газе, что подразумевает развитую сеть газоснабжения.

При оценке эффективности таких объектов распределение электроэнергии можно оценивать по условиям передачи электроэнергии сетями 10 кВ и (или) 0,4 кВ. Наибольшая дальность при использовании распределительных сетей 10 кВ с учётом приемлемого уровня надёжности рекомендуется ограничить до 7 км [4].

Эффективность теплоснабжения в общем случае может быть определена путём сопоставления с применением децентрализованного (местного пообъектного) теплоснабжения с индивидуальными теплогенераторами на природном газе. Одним из показателей позволяющих оценить условия присоединения теплопотребляющих установок в зоне потенциального

энергоснабжения является радиус эффективного теплоснабжения, который по условию сопоставимости составит менее 1 км [5].

Таким образом, эффективность источников распределенной когенерации будет зависеть от плотности потребления, а чрезмерное рассредоточение потребителей в зоне потенциального энергоснабжения неизбежно приведёт к увеличению протяженности сетей и снижению эффективного использования мощности источника.

Для источников когенерации эффективность распределения электрической и тепловой энергии следует рассматривать совместно, а критериями к определению оптимальной зоны энергоснабжения при использовании локальных источников можно выделить:

- размеры и конфигурация территории зоны потенциального энергоснабжения, применительно к определению центра нагрузок и радиуса энергоснабжения;

- электроемкость продукции применительно к технологии и объему производства и (или) удельную плотность нагрузки на площадях предприятия или зоны потенциального энергоснабжения;

- число часов использования установленной электрической мощности отдельными потребителями или группой потребителей;

- величину потерь электроэнергии с учётом потери напряжения в электрической сети, его отклонения в контрольных точках сети и у электроприемников;

- величину затрат электроэнергии на обеспечение собственных нужд источника энергоснабжения (в том числе на передачу теплоносителя в схемах когенерации);

- плотность тепловой нагрузки на снабжаемых территориях для оценки целесообразности централизации в зоне потенциального энергоснабжения;

- величину потерь тепла в тепловой сети при соблюдении норм плотности теплового потока через изоляцию тепловой сети;

- величину гидравлических потерь в тепловой сети при обеспечении требуемого располагаемого напора в любой точке тепловой сети и выполнении условий прочности элементов системы теплоснабжения;

- число часов использования тепловой мощности источника когенерации с учётом климатических условий и средневзвешенных значений круглогодичной нагрузки.

Выбор наиболее эффективных систем энергоснабжения при известных значениях плотности тепловых нагрузок (и доли сосредоточенной технологической нагрузки), удельной плотности силовой нагрузки (и электроемкости продукции) производится сравнением приведенных затрат в системы тепло- и электроснабжения от различных источников, определяемых выражением:

$$C_i = S_i + E_n K_i,$$

где S_i – суммарные производственные издержки производства по варианту; K_i – суммарные капитальные вложения в систему по варианту; E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

При оценке эффективности когенерации определение приведенных затрат можно произвести по формуле:

$$C_k = S_k - S_э + E_n (K_k - K_э),$$

где S_k – суммарные производственные издержки по когенерации и распределению тепла и электроэнергии; $S_э$ – суммарные производственные издержки по эквивалентной электрогенерирующей установке; K_k – суммарные капитальные вложения в источник когенерации и систему передачи тепла и электроэнергии; $K_э$ – суммарные капитальные вложения на сооружение замещаемой электрогенерирующей установки и электрических сетей.

При этом отдельно следует оценить приведенные затраты на децентрализованное теплоснабжение, учитывая суммарные капитальные вложения в объектовые котельные установки, развитие (реконструкцию или строительство) распределительных сетей газоснабжения, а также ежегодные издержки потребителей, включая стоимостный эквивалент трудовых затрат.

Заключение. Каждый вариант рассматриваемых систем должен относиться к одной энергоснабжаемой территории или группе объектов выбранной локации. Предлагаемые схемы энергоснабжения должны быть приведены к энергетической и экономической сопоставимости.

Энергетическая сопоставимость предполагает взаимозаменяемость вариантов, каждый из которых разрабатывается на обеспечение заданной группы потребителей одним и тем же количеством энергии, требуемого качества. При этом следует учитывать, что исходя из приведенных выше факторов, установленная мощность и объем выработки энергии сравниваемыми источниками могут различаться за счёт особенности их технических параметров и режимных характеристик.

Список источников

1. Распределённая энергетика России: потенциал развития./А. Хохлов, Ю. Мельников, Ф. Веселов, Д. Холкин, К. Дацко // Исследование энергетического центра Московской школы управления СКОЛКОВО. – 2018. – 89 с.
2. Определение соизмеримости источника энергии с мощностью потребителей энергии в локальной энергетической системе. / В.А. Глухарев, И.Н. Попов, А.А. Верзилин. // Международный технико-экономический журнал. – 2022. Т.83. - №2. С.71-79.
3. Определение мощности генератора источника электроснабжения в локальной энергетической системе / Глухарев В.А., Попов И.Н., Верзилин А.А., Шляпников М.В. // Энергетик. – 2019. -№ 2. С. 16-18.
4. Определение оптимальных радиусов действия распределительных электрических сетей с учетом надежности электроснабжения потребителей /

В.И. Русан, О.Ю. Пухальская // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2011. – № 2. – С. 5-10.

5. Современный подход к выбору оптимального источника теплоснабжения / А. Д. Плахута // Энергосбережение и водоподготовка. – 2015. – № 2(94). – С. 33-38.

© Попов И.Н., Верзилин А.А., 2023

Научная статья
УДК 621.382

СИСТЕМА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ СФУ

Вадим Игоревич Редкозубов¹, Юлия Викторовна Иванкина²

^{1,2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹vad.redckozubow@yandex.ru <http://orcid.org/0009-0006-7978-1904>

²Lexsi2007@mail.ru <http://orcid.org/0009-0005-8424-0582>

Аннотация. В статье приводится макет установки слежения за солнцем для гелиоустановки и ее электрическая схема.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии (ВИЭ), электроэнергетика, ветер, солнце, солнечные фотоэлектрические установки (СФУ).

Для цитирования: Редкозубов, В.И. Система пространственной ориентации СФУ / В.И. Редкозубов, Ю.В. Иванкина // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023

Original article

SFU SPATIAL ORIENTATION SYSTEM

Vadim Igorevich Redkozubov¹, Yulia Viktorovna Ivankina²

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹ vad.redckozubow@yandex.ru <http://orcid.org/0009-0006-7978-1904>

² Lexsi2007@mail.ru <http://orcid.org/0009-0005-8424-0582>

Annotation. The article presents a model of a solar tracking installation for a solar installation and its electrical diagram.

Keywords: renewable energy sources (RES), electric power, wind, solar, solar photovoltaic installations (SFU).

For citation: Redkozubov, V.I. SFU spatial orientation system/ V.I. Redkozubov, Yu. V. Ivankina // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. C.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023

Введение. Преобразование солнечной энергии в электричество является одним из наиболее перспективных и активно развиваемых направлений возобновляемой энергетики. Солнечная энергия обладает практически безграничными ресурсами, при этом преобразование ее не приводит к загрязнению окружающей среды.

Возможности применения солнечной энергии практически неограниченны, и ученые всего мира работают над разработкой систем, которые расширяют возможности использования солнечной энергии.

Следует также отметить, что в перспективных планах развития электроэнергетики России, а в частности Саратовской области связанных с созданием интеллектуальной активно-адаптивной сети и местных микросетей, увеличению масштабов использования возобновляемых источников энергии, в частности энергии Солнца, уделяется особое внимание.

Материалы и методы. Несмотря на известные достоинства солнечной энергии, её практическое использование, как источника электрической энергии в Саратовской области, не получило еще заметного распространения. К препятствиям активного внедрения солнечных фотоэлектрических установок (СФУ) относят высокую стоимость и низкий КПД солнечных фотоэлектрических элементов (СФЭ), нестабильность вырабатываемой ими электрической энергии, связанной с пространственно-временной изменчивостью поступления солнечной радиации, её рассеянностью, низкой плотностью.

Известным способом повышения эффективности СФУ, путем максимального использования поступающей солнечной энергии, является применение систем слежения, которые позволяют изменять её пространственную ориентацию относительно Солнца. Однако влияние пространственной ориентации СФУ на эффективность её работы с учетом временных, географических и климатических факторов исследовано недостаточно. Повышение эффективности СФУ путем обоснования её пространственной ориентации с учетом комплексных факторов является актуальной задачей.

Результаты исследования. Для подтверждения эффективности использования систем слежения за Солнцем создана экспериментальная установка, оборудованная системой слежения за Солнцем. Разработаны программа и методика проведения экспериментальных исследований.

Экспериментальная установка состоит из:

- ✓ Солнечная батарея Delta SM 50-12PM
- ✓ Конструкция и линейные актуаторы, позволяющие следить модулю за солнцем
- ✓ Микроконтроллер ATmega328

- ✓ Цифровой датчик тока и напряжения CJMCU-219 (INA219)
- ✓ Датчика температуры DS18B20

Разработанная электрическая схема блока управления СФУ с силовым модулем (система слежения за Солнцем), собранная на базе микроконтроллера ATmega328 приведена на рисунке 1. Для микроконтроллера ATmega328 была написана программа на языке C++ (Wiring) в среде программирования Arduino IDE.

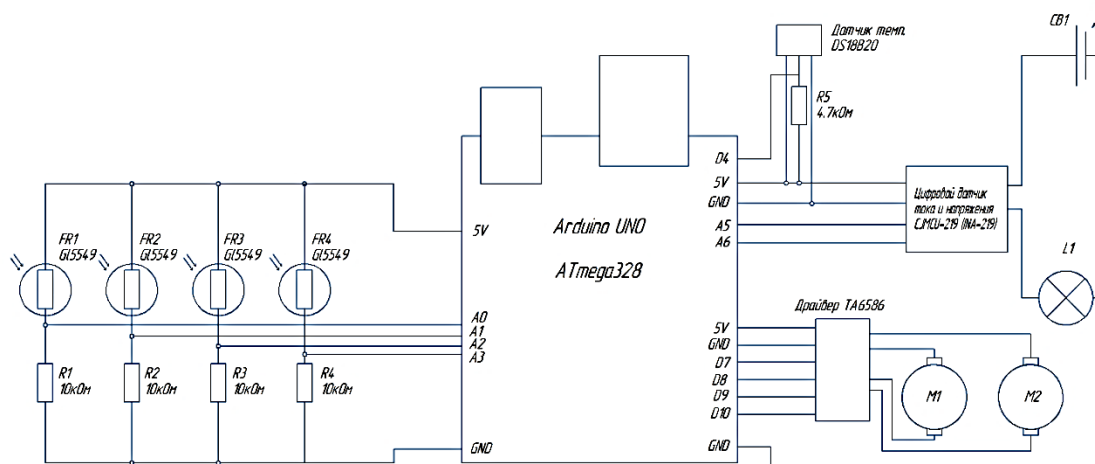


Рисунок 1 – Схема блока управления с силовым модулем

Внешний вид экспериментальной установки представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Внешний вид экспериментальной установки

Заключение. Программа управления системой слежения за Солнцем обеспечивает работу системы, автоматически ориентирующей на Солнце, состоящей из двух сервоприводов, обеспечивающих азимутальное и зенитальное слежение за Солнцем. Программа переводит установку в начальное (утреннее) положение, отключает сервоприводы после заката

Солнца, во избежание ошибочных включений при появлении освещённости от иных источников, и включает их после рассвета для самонаведения и последующей ориентации системы на Солнце.

Полученные данные позволят понять эффективность и целесообразность применения данной системы в условиях Саратовской области, а также позволять рассчитать экономическую составляющую и срок окупаемости.

Список источников

1. Редкозубов, В. И. Перспективы солнечной энергетики в Саратовской области / В. И. Редкозубов, С. В. Шлюпиков, Ю. В. Иванкина // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 29–30 апреля 2022 года. – Саратов: Амирит, 2022. – С. 130-134. – EDN VYMPJP.
2. Естаулетов, А. А. Оценка состояния электрооборудования с точки зрения надежности / А. А. Естаулетов, Ю. В. Иванкина // Актуальные проблемы энергетики АПК : Материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 29–30 апреля 2022 года. – Саратов: Амирит, 2022. – С. 48-51. – EDN ZTSWJD.
3. Применение ветроэнергетических установок в жилых комплексах АПК / В. А. Трушкин, М. А. Левин, Ю. В. Иванкина, В. В. Белов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2019. – № 45. – С. 72-75. – EDN TZJOQT.
4. Левин, М. А. Повышение эффективности использования роторных ветрогенераторов / М. А. Левин, Ю. В. Иванкина // Техника и оборудование для села. – 2017. – № 3. – С. 44-45. – EDN YHNVNR.
5. Дозорова, И. Г. Автономная система электроснабжения сельскохозяйственных объектов на основе возобновляемых источников энергии / И. Г. Дозорова, В. А. Максютя, Ю. В. Иванкина // Агрофорсайт. – 2017. – № 6(12). – С. 4. – EDN RTBZIJ.

@ Редкозубов В.И., Иванкина Ю.В., 2023

Научная статья
УДК 631.273

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАСТБИЩ

Лязат Анатольевна Садыкова

Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет, г.
Уральск, Казахстан
archisad@mail.ru

Аннотация. В статье представлено современное и наиболее функциональное средство для ограничения доступа животных на определённую территорию - электрическая изгородь. Сегодня выпас крупного и мелкого рогатого скота осуществляется на огромных территориях. Уследить за всеми передвижениями животных на пастбище без специальных устройств не представляется возможным. Поэтому современные фермерские хозяйства используют всевозможные средства слежения за выпасом животных: видеокамеры, датчики движения и т. д., нанимают персонал для того, чтобы уследить за всеми передвижениями коров, овец и т. д., которые требуют больших затрат.

Ключевые слова: электроизгородь, генератор импульсных токов, токоведущая линия, пастбища, фермерские хозяйства.

Для цитирования: Садыкова Л.А. Эффективность использования пастбищ / Л.А. Садыкова // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023

Original article

EFFICIENCY OF PASTURE USE

Sadykova Lyazat Anatolievna

West Kazakhstan University of Innovation and Technology, Uralsk, Kazakhstan
archisad@mail.ru

Annotation. The article presents the modern and most functional means for restricting the access of animals to a certain territory - an electric fence. Today, grazing of large and small cattle is carried out on huge territories. It is not possible to keep track of all the movements of animals in the pasture without special devices. Therefore, modern farms use all kinds of means of tracking the grazing of animals: video cameras, motion sensors, etc., hire staff in order to keep track of all the movements of cows, sheep, etc. D., which require a lot of money.

Keywords: electric fence, pulse current generator, current-carrying line, pastures, farms.

For citation: Sadykova L.A. Efficiency of pasture use / L.A. Sadykova // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the XIV National

Введение. В Послании «Казахстанский путь -2050: Единая цель, единые интересы, единое будущее» отмечается необходимость создания наукоемкой экономики, которая требует и развития промышленности.

Создание новых высокотехнологических отраслей экономики потребует роста финансирования науки. «Важно обеспечить перевод на инновационные рельсы агропромышленного комплекса. В этот сектор пойдет больше инвестиций. Поэтому нынешние фермеры должны заботиться о росте производства, а не довольствоваться краткими достижениями, связанными с погодными условиями. Конкуренция в глобальном агропроизводстве будет возрастать. На земле должны работать, прежде всего те, кто внедряет новые технологии и непрерывно повышает производительность, работает на основе лучших мировых стандартов» [1].

Материалы и методы. Западно-Казахстанская область граничит с пятью областями России, здесь проходят трассы Республиканского значения и постоянно происходят дорожно-транспортные происшествия (ДТП), часто с летальным исходом людей и скота из-за бесхозного выпаса, а также из-за диких животных.

Сегодня выпас крупного и мелкого рогатого скота осуществляется на огромных территориях. Уследить за всеми передвижениями животных на пастбище без специальных устройств не представляется возможным. Поэтому современные фермерские хозяйства используют всевозможные средства слежения за выпасом животных: видеокамеры, датчики движения и т. д., нанимают персонал для того, чтобы уследить за всеми передвижениями домашнего скота, который требуют больших затрат. Одним из наиболее современных и функциональных средств для ограничения доступа животных на определённую территорию является электроизгородь.

Электроизгородь может охватывать неограниченные территории: всё зависит от поголовья скота и площади пастбища. Ограждение можно устанавливать на любую ровную территорию в период наиболее активного выпаса скота. На зиму можно легко смотать проволоку и убрать ограждение. Таким образом, электрическое ограждение позволяет фермерским хозяйствам наиболее эффективно и рационально использовать пастбища для выпаса скота.

Стационарные изгороди трудоемки и не всегда рентабельны, а электрические изгороди обладают мобильностью и высоким ограждающим действием. Стоимость таких изгородей в 5-10 раз ниже, чем обычно используемых для этих целей механических изгородей из металлической сетки, проволочных или жердевых.

Результаты исследования. Ученые нашего университета занимаются научными исследованиями над усовершенствованием электроизгородей, над разработкой мобильного модуля для удобной и быстрой установки электрической изгороди. Заключены хоз.договора с фермерскими хозяйствами

области на предмет установки электроизгороди и проведения исследований на их территории.

Будет исследована оптимизация технических характеристик электроограждения, что позволит разработать рекомендации по совершенствованию безопасного выпаса скота в современной экономической ситуации.

В полученных результатах заинтересованы как фермерские хозяйства, государственная автоинспекция, АО «Национальная компания КазАвтоЖол», так и ученые университета. Проведенные исследования будут являться научным экспериментом по установлению наиболее эффективного, безопасного и недорогого способа выпаса крупного и мелкого рогатого скота. Особенным условием является производство электроизгородей на местных предприятиях, вместо их импортирования.

Принцип работы электроизгороди основан на подаче кратковременных импульсов высокого напряжения. При контакте животного с токоведущей линией животное получает удар током, который вызывает боль, и животное убегает.

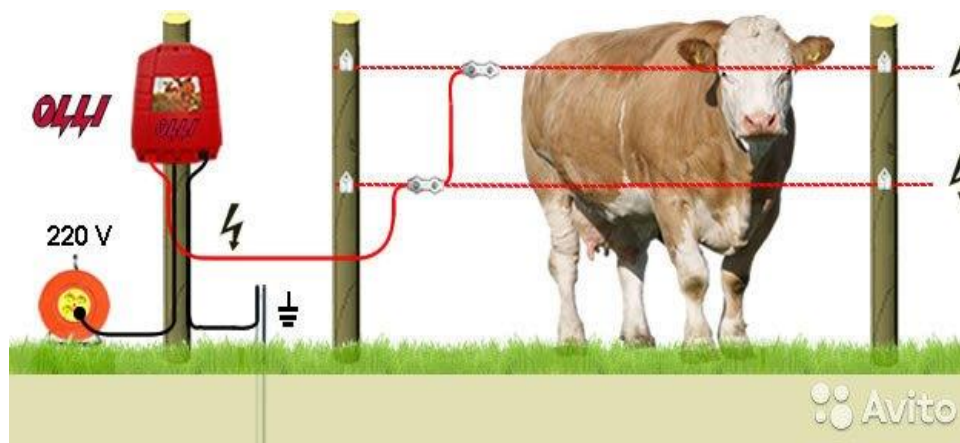


Рисунок 1 –Электроизгородь

К токоведущей линии подключают заземленный генератор импульсов, который генерирует импульсы продолжительностью 0,6 с. Перерыв между импульсами составляет 0,8 с. За это время животное успевает отойти от изгороди и избежать повторного получения удара током [2].

В первое время использования электроизгороди животные становятся пугливыми и агрессивными, но после двух-трех дней нахождения в загоне с электроизгородью происходит привыкание, и животные прекращают попытки побега из загона.

При соприкосновении с токоведущей линией (ТВЛ) изгороди через тело животного проходит импульс тока, действующий на центральную нервную систему, вызывая резкую защитную реакцию (испуг), животное отскакивает. После 1-2 ударов от источника опасности, животное в дальнейшем старается избежать контактов с ТВЛ [3]. Такая изгородь не является для животного механическим препятствием, ее действие носит психологически-физический характер. Боязнь ТВЛ зависит от параметров электрического раздражителя, его

силы, оптически-акустического, обонятельного и тактильного восприятия ТВЛ, а также от повторяющихся сочетаний условного раздражителя с сильным безусловным (электрический удар), т.е. происходит обучение [4].

Практическая значимость заключается в решении многих проблем области: будут решены проблемы фермерских хозяйств, уменьшится количество дорожно-транспортных происшествий.

Электроизгороди предоставят работникам фермерских хозяйств ряд существенных преимуществ:

- приемлемая стоимость;
- лёгкость и удобство при установке;
- возможность охвата неограниченной территории;
- возможность контролировать напряжение изгороди;
- экономия на рабочем персонале и установке стационарных ограждений;
- полная уверенность в сохранении поголовья скота и посевов на заданной территории.

Заключение. Электрические изгороди по сравнению с другими отпугивающими средствами обычно более надежны, т.к. условный раздражитель здесь постоянно подкрепляется безусловным – болезненным электроударом, привыкание к которому не наступает.

Проведенные исследования будут являться научным экспериментом по применению наиболее эффективного и безопасного способа выпаса крупного и мелкого рогатого скота.

Список источников

1. Послание Президента Республики Казахстан народу Казахстана «Казахстанский путь -2050: Единая цель, единые интересы, единое будущее».
2. Забродин Ю.С. Промышленная электроника. М.: Альянс, 2014. 496 с.
3. Кашкаров А.П. Оригинальные конструкции источников питания. Радиоэлектроника для всех. М., 2013-с.67.
4. Кузовкин В.А. Электротехника и электроника. Люберцы, 2016. 431 с.

@ Садыкова Л.А., 2023

Научная статья
УДК 621.311.001.57

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА ЗАПАСАЕМОЙ ЭНЕРГИИ ОТ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ПРИ АВТОНОМНОЙ РАБОТЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ НА ПРИМЕРЕ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Дмитрий Валерьевич Сивицкий¹, Александр Андреевич Барсуков²

^{1,2}Саратовский Государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, Россия

¹ sivitskiy@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5999-6995>

² aleksandr02032001@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается вопрос определения количества запасаемой электроэнергии, вырабатываемой от солнечных панелей вероятностным способом

Ключевые слова: солнечная энергетика, автономная энергосистема, показательный закон распределения вероятностей

Для цитирования: Сивицкий Д.В. Вероятностный подход к определению необходимого количества запасаемой энергии от солнечных панелей при автономной работе энергосистемы / Д.В.Сивицкий, А.А. Барсуков // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023

Original article

A PROBABILISTIC APPROACH TO DETERMINING THE REQUIRED Amount OF STORED ENERGY FROM SOLAR PANELS IN THE AUTONOMOUS OPERATION OF THE ENERGY SYSTEM ON THE EXAMPLE OF THE SARATOV REGION

Dmitriy Valerevich Sivitskiy¹, Alexander Andreevich Barsukov²

^{1,2} Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia

¹ sivitskiy@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5999-6995>

² aleksandr02032001@mail.ru

Annotation. The article deals with the issue of determining the amount of stored electricity generated from solar panels in a probabilistic way

Keywords: solar energy, autonomous power system, indicative law of probability distribution

For citation: Sivitskiy D.V. Probabilistic approach to determining the required amount of stored energy from solar panels during autonomous operation of the power system / D.V. Sivitskiy, A.A. Barsukov // Actual problems of Energy Agro-industrial

Введение. С развитием техники и промышленности вопрос надежного энергообеспечения стоит все более остро. В условиях высоких цен на энергоносители все чаще рассматривается вопрос об использовании возобновляемых источников энергии для обеспечения электрической энергией как малых потребителей, так и более крупных [1].

При использовании возобновляемых источников энергии при наличии резерва в виде уже существующих электрических сетей или автономных генераторов сложностей с прогнозированием выработки электроэнергии нет. Однако при использовании только возобновляемых источников энергии обособленно от электрических сетей связано с необходимостью накопления энергии при использовании ее в тот период времени, когда выработка электроэнергии от нетрадиционных источников отсутствует.

Среди возобновляемых источников энергии значительное распространение получила солнечная энергетика. Солнечные панели не способны вырабатывать электроэнергию в темное время суток, а также обладают сниженной выработкой в облачную погоду днем [2].

Материалы и методы. Для оценки возможности использования солнечных панелей для автономного бесперебойного электроснабжения необходимо знать, какое количество энергии необходимо запасти в аккумуляторных батареях, для чего требуется оценить время, в течение которого солнечные панели обладают сниженной отдачей или вообще ее отсутствия. Для этого необходимо проанализировать распределение пасмурных дней в течении года.

Для более получения подробного и корректного результата проводился анализ погоды за 3 последних года. Результаты непрерывной продолжительности количества пасмурных дней представлены на рисунке 1.

Результаты исследования. Распределение пасмурных дней близко к показательному закону распределения [3]. Проводя анализ распределения пасмурных дней в соответствии с показательным законом распределения случайных величин можно получить зависимость, характеризующую вероятность количества пасмурных дней подряд в зависимости от вероятности бесперебойного энергообеспечения.

Такая зависимость описывается функцией распределения, показанной на рисунке 2.

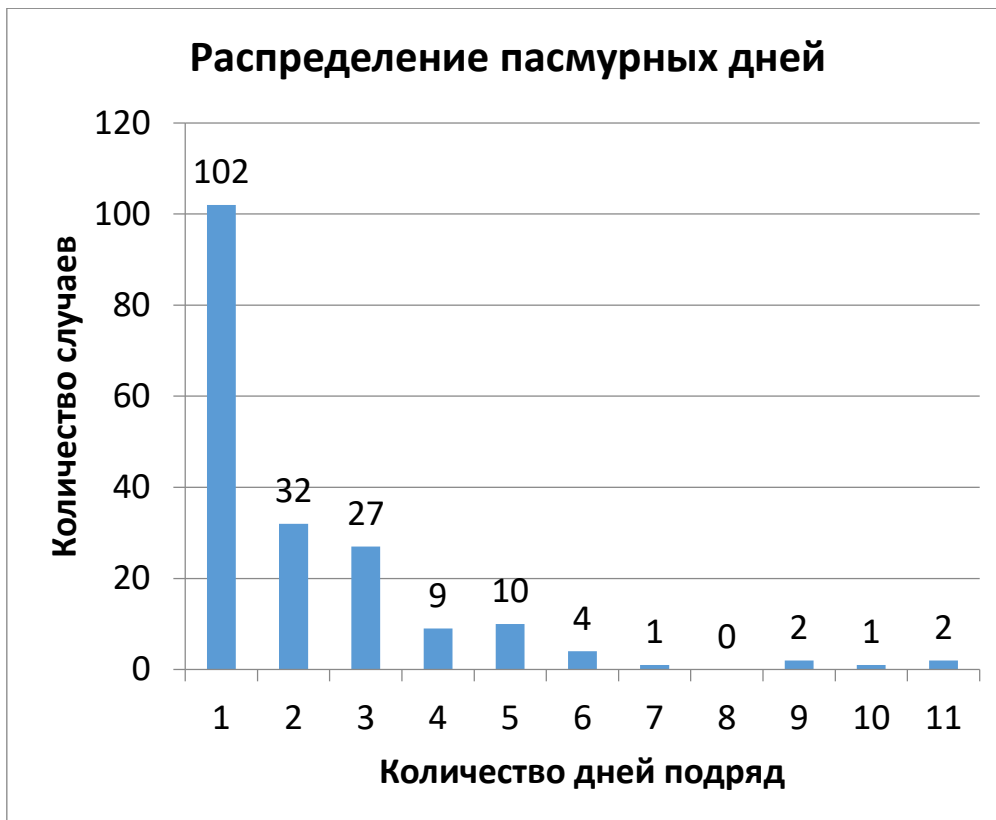


Рисунок 1 – Количество пасмурных дней подряд за последние 3 года в Саратовской области

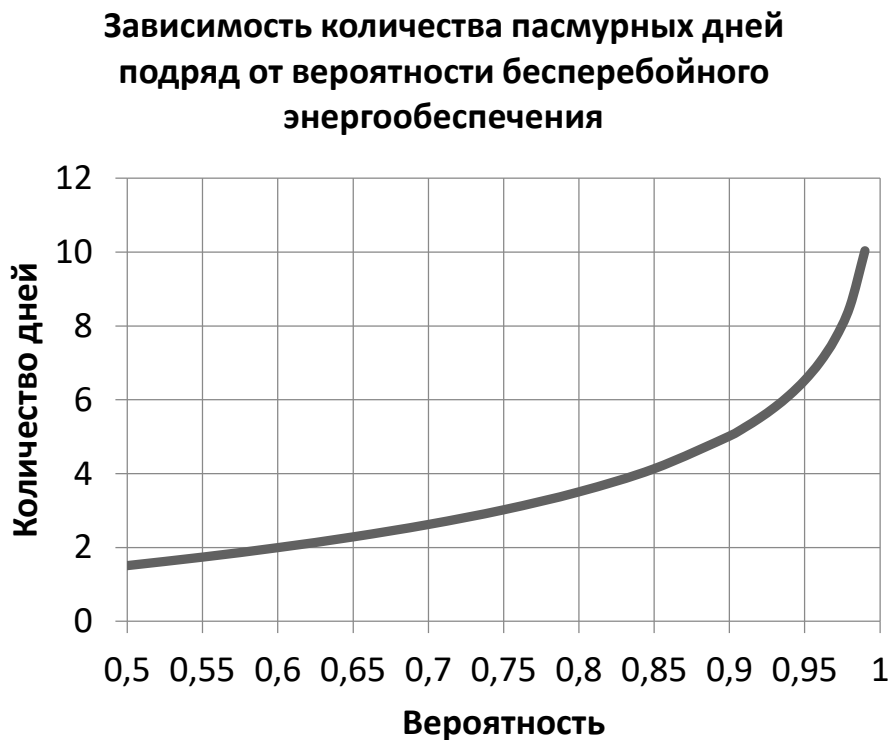


Рисунок 2 – Зависимость количества пасмурных дней подряд от вероятности бесперебойного энергообеспечения

Заключение. Таким образом, при вероятности бесперебойного энергообеспечения при использовании солнечной энергетики равной 0,95

необходимо учитывать возможность того, что следующие 6,53 дня будут пасмурными. При автономной работе энергосистемы это означает, что при заданной вероятности бесперебойного энергообеспечения необходимо запастись в аккумуляторах такое количество энергии, чтобы его хватило на все количество пасмурных дней, что можно учесть введя поправку в расчеты в виде коэффициента запаса, численного равным количеству пасмурных дней при заданной вероятности.

Список источников

1. Глухарев В.А. Энергоснабжение потребителей от автономных источников с использованием возобновляемой энергии / В.А. Глухарев, И.Н. Попов, А.А. Верзилин, Н.И. Зубрицкая // Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики: Сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции, Саратов, 25 декабря 2020 года. – Саратов: ООО "Центр социальных агроинноваций СГАУ", 2020. – С. 94-100.
2. Попов И.Н. Определение соизмеримости источника энергии с мощностью потребителей энергии в локальной энергетической системе / И.Н. Попов, В.А. Глухарев, А.А. Верзилин // Международный технико-экономический журнал. – 2022. – № 2. – С. 68-76. – DOI 10.34286/1995-4646-2022-83-2-68-76.
3. Прохоров Ю. В. Лекции по теории вероятностей и математической статистике: учебник / Ю. В. Прохоров, Л. С. Пономаренко. — Москва: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2012. — 254 с. — ISBN 978-5-211-06234-4.

@ Сивицкий Д.В., Барсуков А.А., 2023

Научная статья
УДК 621. 31

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БЕСКОНТАКТНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ ПЛОСКИХ КАТУШЕК ИНДУКТИВНОСТИ

Борис Константинович Сивяков¹, Дмитрий Борисович Сивяков²

^{1,2}Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, Россия

¹ sibokon@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8368-9955>

² dmitrijsivakov7@gmail.com

Аннотация. Исследуется возможность повышения эффективности бесконтактной передачи электроэнергии с помощью плоских катушек за счет помещения между витками материала с высокой магнитной проницаемостью или витки выполнены композиционно из материалов: один с высокой

электрической проводимостью, а второй с высокой магнитной проницаемостью. Это позволяет существенно повысить эффективность передачи электрической энергии между источником и потребителем за счет усиления индуктивной связи.

Ключевые слова: бесконтактная передача электроэнергии, электромагнитная индукция, плоские катушки, материал с высокой магнитной проницаемостью между витками.

Для цитирования: Сивяков Б.К. Повышение эффективности бесконтактной передачи электрической энергии с помощью плоских катушек индуктивности / Б.К. Сивяков, Д.Б. Сивяков // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы IV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова -Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

INCREASING THE EFFICIENCY OF NON-CONTACT TRANSMISSION OF ELECTRIC ENERGY WITH HELP OF FLAT INDUCTIVE COILS

Boris Konstantinovich Sivyakov¹, Dmitry Borisovich Sivyakov²

^{1,2} Saratov State Technical University named after Gagarin Yu.A., Saratov, Russia

¹ sibokon@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8368-9955>

² dmitrijsivakov7@gmail.com

Annotation. The possibility of increasing the efficiency of contactless transmission of electricity with help of flat coils is being investigated on account of room a material with high magnetic permeability between the turns or the turns are made compositionally from materials: one with high electrical conductivity, and the second with high magnetic permeability. This makes it possible to essentially increase the efficiency of the transmission of electrical energy between the source and the consumer by strengthening the inductive coupling.

Keywords: non-contact transmission of electricity, electromagnetic induction, flat coils, material with high magnetic permeability between the turns.

For citation: Sivyakov B. K., Increasing the efficiency of non-contact transmission of electric energy with help of flat inductive coils / B. K. Sivyakov, D.B. Sivyakov // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. С.М. Bakirova - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. В настоящее время бесконтактная (на небольшое расстояние без физического контакта проводников) передача электрической энергии получила широкое применение в современных смартфонах и других бытовых устройствах. Обычно это малая мощность. В связи с интенсивным развитием электротранспорта имеются гораздо более мощные бесконтактные зарядные устройства для электробусов, электромобилей и транспортных роботов различного назначения. Более того проектируются и есть опытные участки автомобильной дороги для зарядки электротранспорта в движении

(беспроводная динамическая зарядка автомобилей). Все они основаны на использовании электромагнитной индукции, когда переменное магнитное поле, созданное индуктором, достигает приемной катушки индуктивности и передает ей электрическую энергию. В качестве передающей и приемной катушек обычно используются плоские катушки со спиральной намоткой. Они обладают большей поверхностью необходимой для сбора магнитного потока [1,2]. В связи с этим актуальной научно-технической задачей является повышение эффективности передачи энергии в таких системах.

Материалы и методы. Оценим возможность отбора мощности с помощью инновационной плоской катушки, между витками которой находится материал с высокой магнитной проницаемостью (ферроферритмагнетик) [3,4].

Электрическая схема устройства отбора мощности приведена на рис. 1. Здесь E_k – эдс взаимной индукции; L_k – индуктивность; R_k – сопротивление катушки; $Z_n = R_n + jX_n$ – импеданс нагрузки; R_n , X_n – активное и реактивное сопротивление; $j = \sqrt{-1}$ – мнимая единица.

Обычно нагрузка представляет собой устройство преобразования синусоидального тока с частотой 50 Гц в постоянный. Для исключения потерь напряжения на индуктивности катушки реактивное сопротивление нагрузки должно иметь емкостной характер, поэтому весь двухполюсник, подключенный к источнику эдс, находится в резонансном режиме. Ток, отбираемый полезной активной частью нагрузки, $I_n = E_k / R_n$. В дальнейшем будем исследовать именно этот случай нагрузки.

Для анализа выберем однослойную плоскую катушку квадратной формы, как наиболее эффективную и распространенную (рис. 2) с внешним a и внутренним b размерами, шагом намотки W , диаметром провода d , расстояние между витками $c = W - d$.

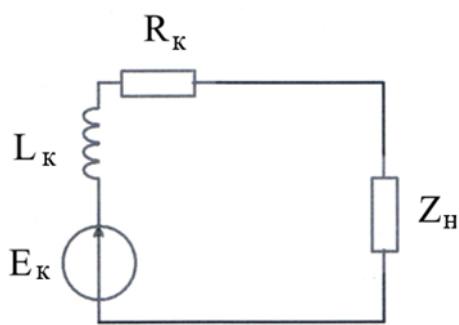


Рисунок 1

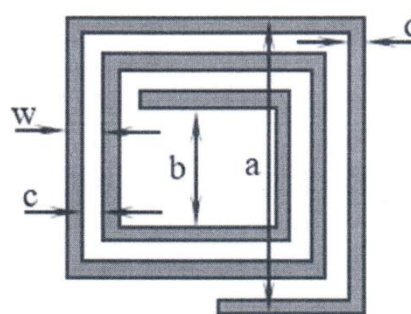


Рисунок 2

Величина эдс катушки E_k согласно закону электромагнитной индукции Фарадея определяется скоростью изменения потокосцепления катушки Ψ с магнитным полем, создаваемым высоковольтной воздушной линией:

$$E_k = -\frac{d\Psi}{dt} = -2\pi f\Psi, \tag{1}$$

где $f = 50$ Гц.

Определим потокосцепление Ψ плоской квадратной приемной катушки с ферроферритмагнетиком. Ферро – проводник, ферри – диэлектрик, их общее свойство – высокая магнитная проницаемость. В катушке можно использовать и тот, и другой, поэтому они объединены. Ферроферритмагнетик размещен между витками катушки и образует распределенный по объему катушки магнитопровод.

В межвитковом пространстве W будут две области, отличающиеся величиной относительной магнитной проницаемости μ_r . Первая область – это витки катушки, выполненные из немагнитного металла с относительной магнитной проницаемостью $\mu_{\text{п}} \approx 1$, вторая – межвитковое пространство с ферроферритмагнетиком $\mu \gg 1$ и третья – внутри катушки свободная от витков, μ_b .

Будем считать, что магнитная индукция B , создаваемая передающей катушкой, в воздухе постоянна в пределах поверхности приемной катушки и перпендикулярна ей. В этом случае потокосцепление катушки Ψ является суммой потокосцеплений всех витков катушки ψ_k , имеющих различную величину, зависящую от того, что находится внутри контура витка. При числе витков катушки N имеем:

$$\Psi = \sum_{k=1}^N \psi_{\text{п}k} + \sum_{k=2}^N \psi_{\text{ф}k} + \psi_b = \mu_{\text{п}} B \sum_{k=1}^N 4d \sum_{n=1}^k [b + 2W(n-1)] + \mu B \sum_{k=2}^N 4c \sum_{n=2}^k [b + 2d + 2W(n-1)] + \mu_b B b^2. \quad (2)$$

Для оценки величины индуктивности, Гн, однослойной плоской катушки квадратной формы с ферроферритмагнетиком воспользуемся приближенной формулой для квадратной катушки [5], полученной для относительной магнитной проницаемости $\mu_r = 1$:

$$L = 2,34 \mu_r N^2 \frac{\frac{a+b}{2}}{1 + \frac{2,75(a-b)}{a+b}}. \quad (3)$$

В рассматриваемом случае имеем неоднородное по магнитным свойствам заполнение пространства катушки. Определим среднее значение относительной магнитной проницаемости катушки, исходя из равенства потокосцеплений однородной катушки и катушки с ферроферритмагнетиком $\Psi_0 = \Psi$. Будем считать, что магнитная индукция B в катушке – величина постоянная. Тогда потокосцепление однородной катушки Ψ_0 :

$$\Psi_0 = \mu_{\text{ср}} B S,$$

где

$$S = \sum_{k=1}^N 4d \sum_{n=1}^k [b + 2W(n-1)] + \sum_{k=2}^N 4c \sum_{n=2}^k [b + 2d + 2W(n-1)] + b^2. \quad (4)$$

Потокосцепление катушки с ферроферритмагнетиком Ψ :

$$\Psi = BS_{\mu},$$

где

$$S_{\mu} = \mu_{\pi} \sum_{k=1}^N 4d \sum_{n=1}^k [b + 2W(n-1)] + \mu \sum_{k=2}^N 4c \sum_{n=2}^k [b + 2d + 2W(n-1)] + \mu_b b^2. \quad (5)$$

В результате получим: $\mu_{\text{ср}} = S_{\mu} / S$.

Подставляя в формулу (3) $\mu_r = \mu_{\text{ср}}$, определим индуктивность катушки с ферроферромагнетиком. Это достаточно грубая приближенная оценка величины индуктивности, но она позволяет установить влияние ферромагнетика на нее.

Величина активного сопротивления катушки R рассчитывается обычным образом, она зависит от удельной проводимости материала проводника, его формы и длины.

Результаты исследования. На рис. 3 представлены зависимости напряжения U , В, на катушке $U = E_k$ с $a = 0,4$ м и $b = 0,1$ м, ее индуктивности L , Гн, сопротивления R , Ом, и числа витков N от шага намотки провода между витками W , мм, при относительной магнитной проницаемости ферроферромагнетика $\mu = 200$, диаметре медного провода $d = 1$ мм и индукции внешнего магнитного поля $B = 10$ мкТл = $0,1$ Гс. Параметры катушки, сечение провода и его материал, величины индукции и магнитной проницаемости были выбраны для наглядности сравнения характеристик катушки с ферроферромагнетиком и без него. В каждом конкретном случае они выбираются исходя из конкретных требований.

По результатам (см. рис. 3), максимум напряжения наблюдается при $W = 2$ мм, при этом $U = 1,5$ В; $R = 1,65$ Ом; $L = 0,16$ Гн; $N = 76$. Будем считать эти значения базовыми в дальнейших исследованиях. В отсутствие ферроферромагнетика $U = 0,035$ В, а если поместить этот материал только во внутреннюю область катушки, свободную от витков, то $U = 0,035$ В. Напряжение на модифицированной катушке с ферроферромагнетиком между витками увеличивается почти в 100 раз, соответственно, мощность возрастает в 10 000 раз.

Зависимость напряжения на катушке от относительной магнитной проницаемости ферроферромагнетика μ при $W = 2$ мм приведена на рис. 4.

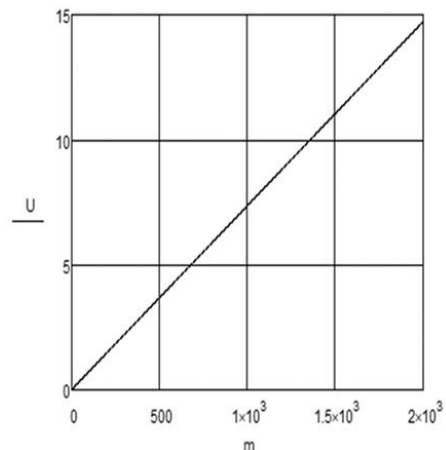
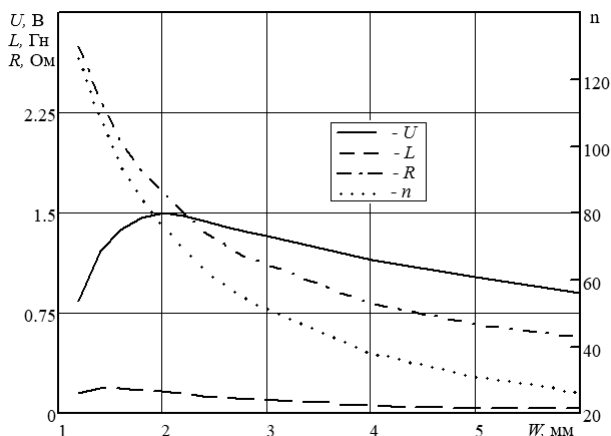


Рисунок 3

Рисунок 4

Как видим (см. рис. 4), напряжение растет пропорционально величине μ и достигает почти 15 В при $\mu = 2\ 000$. В настоящее время относительная магнитная проницаемость ферроферритмагнетиков более десятков тысяч.

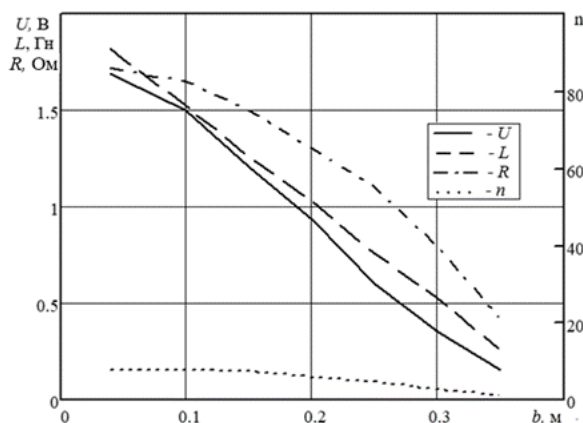


Рисунок 5

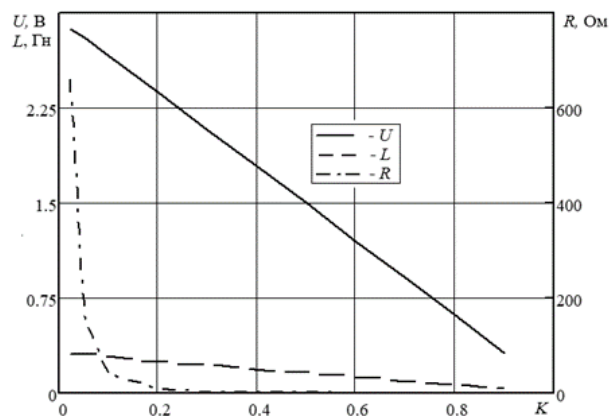


Рисунок 6

На рис. 5 приведены зависимости U , L , R , n от размера катушки b при фиксированном значении $W = 2$ мм. Уменьшение b ведет к увеличению напряжения катушки за счет увеличения числа витков, но при этом наблюдается значительный рост сопротивления провода в результате увеличения его длины.

На рис. 6 представлены результаты исследования влияния коэффициента заполнения шага катушки $K = d/W$ при фиксированном значении $W = 2$ мм. Уменьшение коэффициента заполнения вызывает рост напряжения катушки вследствие увеличения объема ферроферритмагнетика при одновременном росте сопротивления катушки.

Дальнейшее повышение эффективности бесконтактной передачи электроэнергии плоскими катушками возможно в результате размещения магнитно-активного метаматериала на поверхности катушек, благодаря которому можно получать достаточно сильные магнитные поля, используя при этом ток сравнительно малой силы [4]. Такое решение позволяет одновременно снизить электрические поля, являющиеся в данном случае паразитными и создавать безопасные и мощные электромагнитные системы.

Проведенное в [6] численное моделирование показало, что созданные на основе метаматериалов с отрицательной магнитной проницаемостью в одном направлении, но положительной во всех других, макроскопические объекты способны при ряде условий усиливать индукцию и напряженность магнитного поля в низкочастотных полях. Это явление исследователи назвали магнитоэлектрическим поверхностным резонансом (MSR), который по принципу похож на имеющий место в оптике плазмонный поверхностный резонанс, проявляющийся в материалах с отрицательной диэлектрической проницаемостью. На рис. 7 – показан внешний вид специальных пластин из

метаматериала с высокой анизотропией, в которых магнитная проницаемость отрицательна в одном направлении, но положительна во всех других.

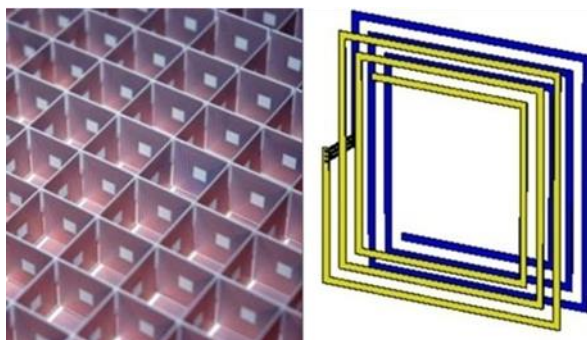


Рисунок 7

Дальнейшие экспериментальные исследования, проведенные специалистами университета Дьюка (Дюрэм, штат Северная Каролина, США), по повышению эффективности бесконтактной передачи энергии с использованием “суперлинзы” на основе метаматериалов с отрицательной магнитной проницаемостью в одном направлении, но положительной во всех других, показали, что подобные конструкции, обладающие свойством метаматериала, взаимодействуя с магнитными полями, передавали энергию в узком конусе с максимальной интенсивностью. Исследования показали, что в экспериментах индукция и напряженность магнитного поля увеличилась почти в 64 раза, чем обычно. При этом, поскольку индукция и напряженность магнитного поля обычно снижается обратно пропорционально кубу расстояния от источника, то благодаря применению “суперлинзы” на основе метаматериалов с отрицательной магнитной проницаемостью в одном направлении, но положительной во всех других, позволило увеличить расстояние бесконтактной передачи энергии почти в четыре раза.

Заключение. Результаты проведенного исследования показали значительное повышение эффективности бесконтактного отбора электроэнергии с помощью плоских катушек, между витками которых помещен материал с высокой магнитной проницаемостью. Катушки могут быть выполнены из металла с высокой проводимостью, а в качестве материала между витками для уменьшения его веса может быть применен пеноматериал с высокой магнитной проницаемостью. Для фокусировки магнитного поля возможно применение обладающего фокусирующими свойствами магнитно-активного метаматериала. Применение подобных плоских катушек возможно в зарядных станциях, на автомобильных дорогах с беспроводной динамической зарядкой электромобилей, самих электромобилях, промышленных роботах и т. п., а также в системах радиочастотной идентификации RFID для увеличения дальности и надежности распознавания радиометки.

Список источников

1. Повный А. Метод электромагнитной индукции при беспроводной передаче энергии [Электронный ресурс]. URL: <http://elektrik.info/device/1608-metod->

[elektromagnitnoy-indukcii-pri-besprovodnoy-peredache-energii.html](http://zet.instel.ru/upload/iblock/bbc/%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F%20%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B9%20%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4%D0%BA%D0%B8%20%D0%91%D0%9F%D0%9B%D0%90%20%D0%BE%D1%82%20WiBotic.pdf) (дата обращения: 14.04.2023).

2. Технология беспроводной зарядки БПЛА от WiBotic // Фотоника [Электронный журнал]. 2020. № 5. URL: <http://zet.instel.ru/upload/iblock/bbc/%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F%20%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B9%20%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4%D0%BA%D0%B8%20%D0%91%D0%9F%D0%9B%D0%90%20%D0%BE%D1%82%20WiBotic.pdf> (дата обращения: 14.04.2023).

3. Патент РФ на изобретение № 2781948 «Беспроводная зарядная система». Б.К. Сивяков, А.А. Скрипкин, Д.Б. Сивяков / Опубликовано 21.10.2022 г., Бюл. № 30.

4. Патент РФ на изобретение № 2792218 «Беспроводная зарядная система». Б.К. Сивяков, А.А. Скрипкин, Д.Б. Сивяков / Опубликовано 21.03.2023 г., Бюл. № 9.

5. Mohan S. et al. Simple Accurate Expressions for Planar Spiral Inductances // IEEE Journal of Solid-State Circuits. 1999. № Vol. 34. № 10. P. 1419–1424.

6. Urzhumov Y. Magnetic levitation of metamaterial bodies enhanced with magnetostatic surface resonances / Y. Urzhumov, W. Chen, C. Bingham, W. Padilla, and D. R. Smith // Phys. Rev. B 85, 054430 – Published 27 February 2012.

@ Сивяков Б.К., Сивяков Д.Б., 2023

Научная статья
УДК 621.365

АНАЛИЗ СПОСОБОВ СУШКИ ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКЦИИ С ПОМОЩЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Максим Анатольевич Ситников¹, Евгений Александрович Четвериков²

^{1,2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹maxim.sitnikov@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-2373-9287>

²mechanik200420042004@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6155-4301>

Аннотация. В статье приводятся сравнительные характеристики методов сушки с помощью технологий использующих электрофизические воздействия с целью удаления влаги из зерновой продукции.

Ключевые слова: сушка, СВЧ, оборудование для сушки, зерносушилка.

Для цитирования: Ситников М.А. Анализ способов сушки зерновой продукции с помощью применения электрофизических методов / М.А. Ситников, Е.А. Четвериков // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

ANALYSIS OF METHODS FOR DRYING GRAIN PRODUCTS USING ELECTROPHYSICAL METHODS

Maxim Anatolievich Sitnikov¹, Evgeny Alexandrovich Chetverikov²

¹²Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering, N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹maxim.sitnikov@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-2373-9287>

²mechanik200420042004@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6155-4301>

Annotation. The article presents comparative characteristics of drying methods with technologies that use electrophysical effects to extract moisture from grain products.

Keywords: drying, microwave, drying equipment, grain dryers.

For citation: Sitnikov M.A. Analysis of the work of drying grain products using electrophysical methods / M.A. Sitnikov, E.A. Chetverikov // Actual problems of the energy industry of the agro-industrial complex: materials of the XIV national conference of RSMS with the participation / Ed. K.M. Bakirova - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. На данный момент существуют различные типы оборудования для сушки зерновой продукции. Однако с появлением новых электрофизических методов и внедрения их в процесс сушки, возможно новое перспективное развитие в этом направлении. Улучшение производительности зерносушилок возможно с применением нового оборудования, усовершенствования существующего оборудования или оптимизации линий по переработке зерна. Таким образом, в первую очередь следует стремиться к разработке технологий и использованию технологического оборудования, обеспечивающего максимальное снижение удельных затрат на сушку зернового материала при сохранении заданного, в соответствии со своими стандартами, качества. Из этого следует, что уделять внимание стоит не только физико-химическим и технологическим закономерностям, но и экономическим показателям, являющимися базовыми неотъемлемыми целями для фермерских хозяйств.

Материалы и методы. Производительность зерносушильного оборудования можно повысить за счет увеличения геометрических размеров аппаратов и их количества, а также за счет их интенсификации за счет использования внешних факторов [1, 2, 3].

Уменьшение энергоемкость процесса сушки зерна возможно за счет использования электрофизических факторов. В таблице 1 приведены сравнительные характеристики технологий сушки зерновой продукции, а так же их исполнение.

Таблица 1 – Технологии сушки зерна

Технология	Энергоемкость, МДж/кг _{исп.вл}	Производительность, т/ч	Исполнение
Классическая тепловая сушка	5-14	4-250	Стационарное; мобильное.

Ультразвук	4,0-6,0	0,01-0,1	Лабораторное
Озон	3,5-5,5	0,1-5,0	Контейнерное, стационарное, мобильное, переносное
Аэроионы	3,3-5,0	0,1-1,0	Стационарное; лабораторное
Радиочастотная	4,5-6,5	0,1-1,0	Лабораторное
Инфракрасное излучение	5,0-9,0	0,1-10,0	Стационарное; лабораторное

Каждая из технологий представленных в таблице 1 имеют свои достоинства и недостатки. Относительно объемов и задач они могут быть эффективны в одной области применения или нескольких, или не эффективны вовсе.

Таблица 2 – Достоинства и недостатки технологий сушки зерна

Технология	Достоинства	Недостатки
Классическая тепловая сушка	Высокая производительность.	Снижение качества при нарушении технологии; Высокая энергоемкость.
Озон	Низкая энергоемкость; Обеззараживание продукции; Увеличение срока хранения.	Сильный окислитель; Ядовит в большом объеме; Необходимость утилизации остатков; Агент сушки влияет на разложение озона.
Ультразвук	Высокая интенсивность процесса переноса влаги; Возможность предоставления качественного и оперативного осушения при низкой температуре или принципиально без повышения температуры; Возможность разработки самонастраивающихся ультразвуковых генераторов.	Необходимость создания акустических колебаний в воздухе с интенсивностью более 140 дБ; Необходимость создания сушильной камеры, обеспечивающей равномерное воздействие акустических колебаний на все материалы; Низкая эффективность ультразвука при сушке зерна большого объема; Низкая эффективность от воздействия ультразвука в диапазоне влажности выше 19-26%.
Аэроионы	Низкая энергоемкость.	Сложность доставки аэроионов к материалу.
Радиочастотная	Обеззараживание продукции; Увеличение срока хранения; Высокая равномерность распространения поля в материале.	Низкая скорость испарения влаги; Не обеспечивает достаточный нагрев на частотах из-за малой рассеиваемой мощности.
Инфракрасное излучение	Высокая интенсивность нагрева.	Малая глубина проникновения поля в слой; Сложность реализации для большой производительности; Необходимое перемешивание слоя; Вероятность травмирования зерна.

Результаты исследования. Относительно технологий сушки электрофизическими методами приведенными в таблице 1, применение СВЧ

поля вместе с конвективным воздействием имеет преимущества в определенных задачах. За счет использования СВЧ поля достигается достаточно интенсивный нагрев. Обеспечивается необходимый диапазон температур нагрева с помощью управления электромагнитными источниками, при этом нагрев материала осуществляется из внутреннего, наиболее влажного слоя зерна, способствуя переносу влаги на поверхность, что способствует лучшему влагоотводу [4, 5, 6]. Существуют способы усилить тепломассоперенос с помощью электромагнитного поля СВЧ-диапазона. Из экспериментальных исследования [7, 8] можно сделать вывод в эффективности таких методов.

Преимуществами СВЧ-конвективных установок, по сравнению с традиционными и остальными электрофизическими технологиями, являются: объемный нагрев; экологичность сушки; возможность управления глубиной проникновения электромагнитной волны за счет источников работающих на разных частотах; более высокая, по сравнению с радиочастотным нагревом, выделяемая в материале удельная теплота; обеззараживание обрабатываемого материала, продление срока безопасного хранения.

К существующим недостаткам можно отнести следующее: неравномерное распределение электромагнитного поля; сложность измерения напряженности электромагнитного поля в слое обрабатываемого материала; сложность управления технологическими параметрами при автоматизации сушки.

Заключение. Добиться снижения потерь зерна в послеуборочный период обработки и хранения, а также энергоемкости процессов термической обработки возможно за счет применения электротехнологий и алгоритмов управления процессами тепло- и влагообмена при послеуборочной обработке зерна.

Можно предположить, что использование СВЧ-конвективного метода, по сравнению с другими методами электрофизической интенсификации, в определенных задачах и исполнении, позволяет обеспечить объемный нагрев материала, интенсифицировать тепло- и влагообмен и снизить удельные энергозатраты на единицу массы сушка прямым нагревом влаги содержащейся в зерне.

Список источников

1. Будников, Д.А. Анализ возможностей интенсификации сушки зерна электроактивированными средствами [Текст] / Д.А. Будников // Электротехнологии и электрооборудование в сельскохозяйственном производстве: сб. науч. тр. / АЧГАА. – Зерноград, 2005. – С. 26-29.
2. Рогов, И.А. Электрофизические методы обработки пищевых продуктов [Текст] / И.А. Рогов. – М.: Агропромиздат. 1988. – 272 с.
3. Казарцев, Д.А. Совершенствование процесса сушки семян кориандра в аппарате с СВЧ-энергопроводом. [Текст]: дис. ... канд. техн. наук.: 05.18.12 / Д.А.Казарцев. – Воронеж, 2004. – 147 с.

4. Беляев, А.А. Исследование распределения СВЧ поля в пространстве рабочей камеры [Текст] / А.А. Беляев, А.Л. Андержанов, С.А. Андреев, А.И. Соколов // Электропривод и электротехнология на объектах АПК: сб. науч. тр. / МИИСП имени В.П. Горячкина. – М., 1989. – С. 12–20
5. Белов, А.А. СВЧ-установка для обеззараживания зерна и продуктов его переработки [Текст] / А.А. Белов, В.Ф. Сторчевой, М.В. Белова, А.Н. Коробков // Науч.-теор. журнал «Известия ТСХА». – Москва: ФГБОУ печатная ВПО РГАУМСХА им. К.А. Тимирязева. – 2014. – № 6. – С. 101-107.
6. Будников, Д.А. Сушка зерна активным вентилированием с применением электромагнитного поля СВЧ [Текст] / Д.А. Будников, А.Н. Васильев // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2012. – №8. – С. 59-61.
7. Debandya Mohapatra, Saroj Giri, Abhijit Kar Effect of Microwave Aided Disinfestation of Callosobruchus Maculatus on Green Gram Quality International Journal of Agriculture and Food Science Technology. ISSN 2249-3050 Volume 5, Number 2 (2014), pp. 55-62.
8. Nelson S.O. Dielectric properties of agricultural products and some applications // Res. Agr. Eng., 54, 2008(2): 104-112.
9. Четвериков Е.А. Методика выбора конструкции рабочих камер установок свч сушки сельскохозяйственной продукции / Полудин А.А. Актуальные проблемы энергетики АПК Материалы X национальной научно-практической конференции с международным участием. Под общ. ред. Трушкина В.А. Саратов, 2019. с. 253-256.
10. Четвериков Е.А. Физические основы технологий комбинированной сушки/ Лягина Л.А., Волгин А.В., Селезнев Г.Н. Актуальные проблемы энергетики АПК Материалы XI национальной научно-практической конференции с международным участием //ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2020

@ Ситников М.А., Четвериков Е.А., 2023

Научная статья
УДК 62.519

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЗЕРНОСУШИЛКОЙ НА ОСНОВЕ ПЛК С УДАЛЕННЫМ МОНИТОРИНГОМ СИСТЕМЫ

Максим Анатольевич Ситников¹, Евгений Александрович Четвериков²

^{1,2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹maxim.sitnikov@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-2373-9287>

²mechanik200420042004@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6155-4301>

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы использования программируемых логических контроллеров с возможностью удаленного доступа для мониторинга процесса сушки зерновой продукции.

Ключевые слова: сушка зерна, автоматизация процессом сушки зерна, ПЛК, удаленный доступ.

Для цитирования: Ситников М.А. Автоматическая система управления зерносушилкой на основе ПЛК с удаленным мониторингом системы / М.А. Ситников, Е.А. Четвериков // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

AUTOMATIC PLC-BASED GRAIN DRYER CONTROL SYSTEM WITH REMOTE SYSTEM MONITORING

Maxim Anatolievich Sitnikov¹, Evgeny Alexandrovich Chetverikov²

^{1,2}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering, N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹maxim.sitnikov@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-2373-9287>

²mechanik200420042004@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6155-4301>

Annotation. The article discusses the prospects for using programmable logic controllers with the possibility of remote access to monitor the drying process of grain products.

Keywords: grain drying, grain drying process automation, PLC, remote access.

For citation: Sitnikov M.A. Automatic grain dryer control system based on PLC with remote system monitoring / M.A. Sitnikov, E.A. Chetverikov // Actual problems of the energy industry of the agro-industrial complex: materials of the XIV national conference of RSMS with the participation / Ed. K.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Автоматическая система управления зерносушилками является неотъемлемой частью процесса сбора и хранения урожая

сельскохозяйственных культур. Эта система предназначена для мониторинга, контроля и регулирования осушения зерна, чтобы предотвратить его порчу и сохранить качество. Она автоматически контролирует температуру, влажность и скорость потока воздуха, чтобы обеспечить наилучшие условия для сушки зерна.

Материалы и методы. В зерносушилках происходит процесс удаления излишней влаги из зерна, с целью сохранения его качества и предотвращения развития плесени. Процесс сушки зерна может включать следующие этапы:

1. Подготовка зерна: зерно должно быть очищено от примесей, таких как солома, пыль и другие нежелательные элементы.
2. Загрузка зерна: зерно грузится в зерносушилку с помощью конвейера или другого механизма для передвижения зерна внутри сушилки.
3. Сушка зерна: зерно подвергается процессу сушки, где его влажность снижается до нужного уровня. Чтобы достичь этого, зерно обычно перемещается из одной зоны в другую, где температура и влажность контролируются.
4. Выгрузка зерна: после того, как зерно достигло нужного уровня влажности, оно выгружается из сушилки с помощью конвейера или другого механизма.

В системе автоматического управления зерносушилки учитываются множество факторов. Классификация основных систем автоматического управления процессом сушки зерна приведена на рисунке 1.

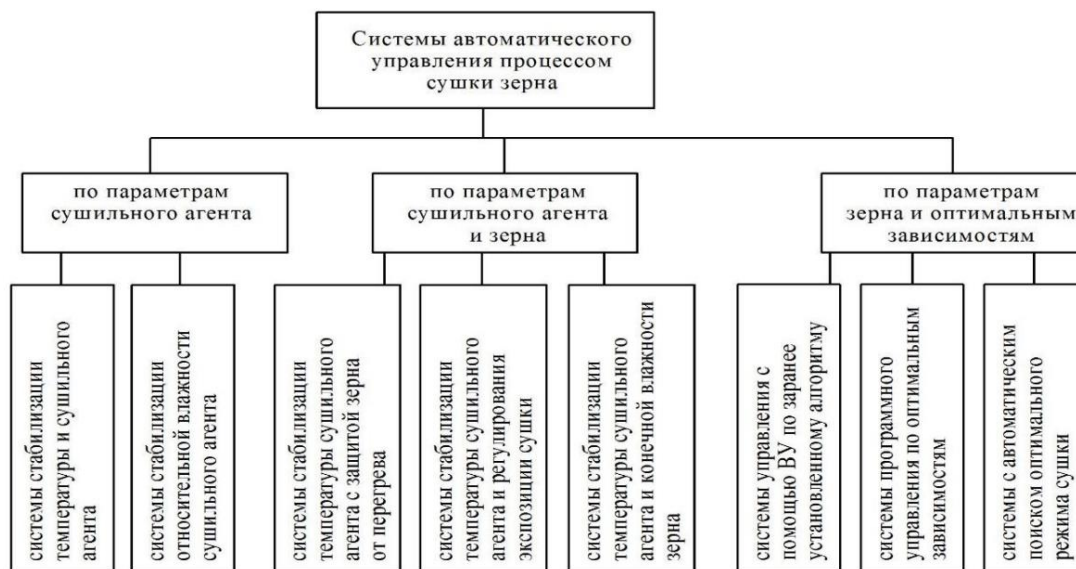


Рисунок 1 - Классификация систем автоматического управления процессом сушки зерна

Все эти процессы влияют на конечное качество продукта и продолжительность его хранения. С целью мониторинга и контролирования процесса работы оборудования и возможного снижения экономических и технологических затрат следует развивать системы автоматизации в сторону удаленного управления непосредственно от места производства для

оперативного реагирования на различные возможные условия и факторы связанные с ними.

Программируемые логические контроллеры (ПЛК) являются универсальными инструментами автоматизации, широко применяемыми в промышленности, сельском хозяйстве и других отраслях. Эти устройства позволяют автоматически контролировать и управлять сложными системами с использованием запрограммированных логических операций.

Одним из главных преимуществ ПЛК является его гибкость, которая позволяет изменять параметры управления системой с использованием программирования без необходимости изменения аппаратных средств. Это экономически выгодный и эффективный вариант для многих компаний, так как они могут обновлять и модифицировать управляющую систему без дополнительных затрат на новое оборудование.

Кроме того, программируемые логические контроллеры обладают повышенной надежностью и могут работать в различных условиях окружающей среды.

В современном оборудовании с доступом в локальную или интернет сеть есть возможность настраивать и контролировать технологические процессы и изменять и дополнять их под любую необходимую задачу.

Удаленное управление ПЛК может быть реализовано посредством различных технологий и протоколов, таких как VPN, удаленный доступ (Remote Desktop Protocol), web-интерфейс для управления ПЛК или удаленная связь с помощью мобильных приложений.

Применение VPN-соединения для удаленного управления ПЛК может обеспечить безопасный и надежный доступ к конфиденциальным данным ПЛК в удаленном режиме. Это позволяет пользователям находиться за пределами предприятия и все же иметь доступ к управлению и мониторингу ПЛК.

Удаленный доступ к ПК может быть использован для удаленного управления компьютером, который связывается с ПЛК. Это позволяет пользователям удаленно запускать программное обеспечение, обновлять и настраивать систему при необходимости.

Web-интерфейс для управления ПЛК может использоваться для управления ПЛК через браузер, что упрощает использование удаленного доступа для пользователей.

Мобильные приложения также могут использоваться для удаленного управления ПЛК, позволяя пользователям управлять и мониторить ПЛК удаленно через мобильное устройство.

Для удаленного управления ПЛК можно использовать различные программные и аппаратные решения, включая VPN соединения и удаленные доступы. Некоторые производители ПЛК, такие как Weintek и Eurotherm, предоставляют программное обеспечение для удаленного доступа и управления своим ПЛК. Также можно использовать промышленные маршрутизаторы, такие как eWON, которые поддерживают VPN соединения и другие методы удаленного доступа к ПЛК.

В целом, метод удаленного управления ПЛК будет зависеть от конкретной конфигурации и требований проекта. Необходимо учитывать такие факторы, как безопасность, пропускная способность сети и требования к интерфейсу управления.

Результаты исследования. Время сушки зерна в зерносушилках зависит от множества факторов, включая тип зерна, его начальную влажность, конечную влажность, температуру воздуха, скорость потока воздуха, размер зерна и другие условия процесса сушки. Процесс сушки может занимать от нескольких часов до нескольких дней, в зависимости от этих факторов. Кроме того, на время сушки зерна может влиять оборудование и система управления сушилкой, используемые в процессе.

Так же необходим тщательный контроль температуры и влажности зерна. Критической для зерновых культур является влажность 14%. Для нормального длительного хранения семян необходима влажность ниже критической на 1-2%. Семена с влажностью выше 18% засыпать на хранение недопустимо.

С технологией удаленного доступа к оборудованию появится возможность отслеживания процесса сушки зерна и, в случае отклонений от заданных значений, возможность оперативного реагирования, тем самым можно избежать возможных потерь продукции.

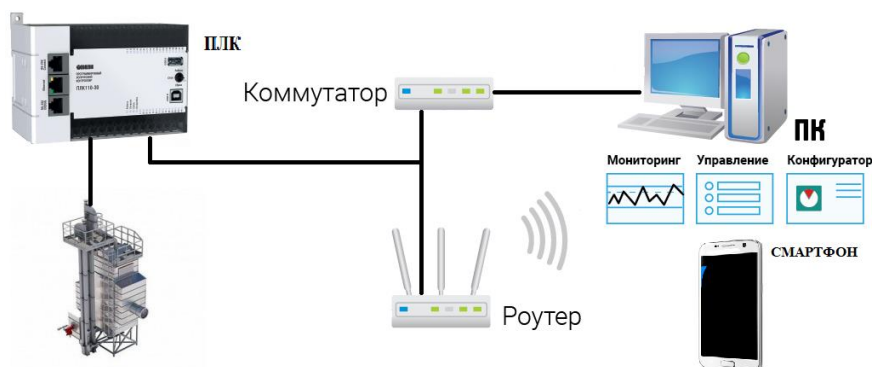


Рисунок 2 – Функциональная схема удаленного подключения

Заключение. Удаленный доступ к ПЛК, НМІ и сетям автоматизации может помочь сократить количество посещений объектов, улучшить качество обслуживания и повысить эффективность работы, а также сэкономить время и снизить затраты на техническое обслуживание.

Список источников

1. Особенности работы зерносушилок разного исполнения. // Агропромэкс. – URL: <https://agropromex.ru/stati-i-publikaczii/nauchnyie-stati/osobennosti-raboty-i-zernosushilok-raznogo-ispolneniya.html> (дата обращения: 08.05.2023)
2. Автоматизация зерносушилок. // РусАвтоматизация. – URL: <https://rusautomation.ru/articles/avtomatizaciya-zernosushilok/> (дата обращения: 02.05.2023)

3. Мониторинг шкафов и малых необслуживаемых объектов. // АПК ЦЕНСОР. – URL: <https://www.censor-m.ru/decisions/monitoring-obektov-svyazi/monitoring-shkafov-i-malykh-neobluzhivaemykh-obektov-usifftx/> (дата обращения: 06.05.2023)
4. Модули ввода/вывода. // Овен оборудование для автоматизации. – URL: <https://owen.ru> (дата обращения: 05.05.2023)
5. Иванов Н.М. Ресурсосберегающая технология и техника для послеуборочной обработки зерна // Развитие агропромышленного комплекса в зонах рискованного земледелия: материалы II научно-практической конференции – Новокузнецк, 1999. – С. 22-23.
6. Некоторые аспекты с.-х. производства и современные тенденции его механизации / Н.В. Цугленок, А.А. Васильев, Н.И. Селиванов, С.К. Манасян // Ресурсосберегающие технологии механизации сельского хозяйства: приложение к «Вестнику КрасГАУ». – Красноярск, 2003. – С. 3-7.
7. Четвериков Е.А. Физические основы технологий комбинированной сушки/ Лягина Л.А., Волгин А.В., Селезнев Г.Н. Актуальные проблемы энергетики АПК Материалы XI национальной научно-практической конференции с международным участием.//ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2020/
8. Лягина Л.А., Волгин А.В., Белов В.В., Моисеев А.П., Четвериков Е.А. Повышение экологичности и эффективности сушки растительного сырья электронагревателем // Известия международной академии аграрного образования, №38, 2018 – С. 14-19.

@ Ситников М.А., Четвериков Е.А., 2023

Научная статья

УДК 620.197.5

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ТРУБОПРОВОДОВ

Иван Анатольевич Скорин¹, Сергей Владимирович Бахтеев², Дмитрий Сергеевич Линиченко³

^{1,2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

³Общество с ограниченной ответственностью «Центр Инновационных Технологий-Э.С.», г. Саратов, Россия

¹ivan.2018skorin@gmail.com <https://orcid.org/0009-0000-5957-8067>

²sergey678s64@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-2840-2306>

³dmisko@mail.ru <https://orcid.org/0009-0003-7754-2019>

Аннотация. Основной причиной выхода из строя трубопроводных транспортных систем остается коррозионное разрушение стальной стенки трубы. Коррозионные отказы связаны не только с большими затратами на ремонт и восстановление протяженного трубопровода, но и угрожают

природной среде. Более 70% отказов происходит на трубопроводах, проработавших более 20 лет, что связано с ухудшением их технического состояния. Важным фактором, определяющим надежность трубопроводов, является использование противокоррозионной защиты. В настоящее время наиболее эффективным способом защиты подземных трубопроводов (нефтепроводов, газопроводов и т.п.) от коррозии является катодная защита в комплексе с изоляционными покрытиями. Сущность ее заключается в поддержании с помощью внешнего источника тока такого потенциала на трубе, при котором коррозия металла значительно замедляется. Основными элементами катодной защиты являются источник энергии и анодный заземлитель. Их надежная и эффективная работа определяет безотказность и срок службы защищаемых коммуникаций.

Ключевые слова: катодная защита, станция электрохимической защиты, трубопровод, анод, катод.

Для цитирования: Скорин, И.А. Электрохимическая защита трубопроводов / И.А. Скорин, С.В. Бахтеев, Д.С. Линиченко // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023

Original article

ELECTROCHEMICAL PROTECTION OF PIPELINES

Ivan Anatolyevich Skorin¹, Sergei Vladimirovich Bakhteev², Dmitry Sergeevich Linichenko³

^{1,2}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering. N.I. Vavilov, Saratov, Russia

³Limited Liability Company «Center for Innovative Technologies-ES», Saratov, Russia

¹ivan.2018skorin@gmail.com <https://orcid.org/0009-0000-5957-8067>

²sergey678s64@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-2840-2306>

³dmisko@mail.ru <https://orcid.org/0009-0003-7754-2019>

Annotation. The main reason for the failure of pipeline transport systems is the corrosion destruction of the steel wall of the pipe. Corrosion failures are associated not only with high costs for the repair and restoration of an extended pipeline, but also threaten the natural environment. More than 70% of failures occur on pipelines that have worked for more than 20 years, which is associated with the deterioration of their technical condition. An important factor determining the reliability of pipelines is the use of anti-corrosion protection. Currently, the most effective way to protect underground pipelines (oil pipelines, gas pipelines, etc.) from corrosion is cathodic protection in combination with insulating coatings. Its essence lies in maintaining such a potential on the pipe with the help of an external current source, at which metal corrosion is significantly slowed down. The main elements of cathodic

protection are the energy source and the anode earth electrode. Their reliable and efficient operation determines the reliability and service life of protected communications.

Keywords: cathodic protection, electrochemical protection station, pipeline, anode, cathode.

For citation: Skorin, I.A. Electrochemical protection of pipelines / I.A. Skorin, S.V. Bakhteev, D.S. Linichenko // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. С.М. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023

Введение. Россия одна из крупнейших стран в мире по добыче и транспортировке природного газа и нефти, её трубопроводы тянутся на тысячи километров. Для безопасной транспортировки этих ресурсов необходимо обеспечивать защиту трубопровода от внешних факторов. Причем эти факторы зависят от среды расположения трубопровода. В соответствии с этим выделяют почвенную и атмосферную коррозии. Почвенной коррозии подвергаются трубопроводы, уложенные в грунт. Трубопроводы, проходящие над землей – подвергаются атмосферной коррозии. Эти виды коррозии происходят с образованием на поверхности трубы катодных и анодных зон, между которыми протекает электрический ток, в результате чего происходит разрушение в анодных зонах трубы [1].

Скорость коррозии подземных трубопроводов определяется множеством факторов, которые могут изменяться в зависимости от времени года, климатических и эксплуатационных условий, а также особенностей трассы. К наиболее выраженным факторам относят: коррозионную активность почв и грунтов, их гранулометрический состав и структуру, состав почвенно-грунтового электролита, влажность, общую щелочность, кислотность (рН почвы), воздухопроницаемость, электрическое сопротивление почв и грунтов, окислительно-восстановительный потенциал, территориальная близость линий электропередачи и электрифицированных железных дорог.

Материалы и методы. Методы защиты подразделяются на два вида – пассивные и активные. Пассивный метод подразумевает создание герметичного барьера между поверхностью трубопровода и соприкасающимся с ним грунтом. Для этой цели на трубу наносятся специальные защитные покрытия (битум, полимерные ленты, каменноугольный пек, эпоксидные смолы и др.). Добиться полной герметизации такого покрытия на практике не получается, т.к. во время монтажа и эксплуатации в покрытии изоляции образуются задиры, вмятины, трещины и другие дефекты, являющиеся слабыми местами, в которых появляется коррозия.

Покрытия, применяемые для изоляции подземных магистральных трубопроводов, должны удовлетворять следующим требованиям: высокие диэлектрические свойства, высокая механическая прочность, эластичность, хорошая адгезия, высокая биостойкость, термостойкость, долговечность, распространённость материалов.

Покрытия, изготовленные из смеси нефтяных битумов и разного рода наполнителей, нашли широкое применение как покрытия подземных трубопроводов. Данную смесь наносят в расплавленном виде при температуре 160-170 °С на подготовленную поверхность. Затем сразу же поверх мастики накладывают армирующий слой стеклохолста. Существуют определенные требования, правила и нормы, зависящие от состава грунта для конструкций с битумным покрытием. Для агрессивных сред применяют специальное покрытие, которое состоит из шести чередующихся слоев битумно-полимерной мастики и стеклохолста.

Толщина усиленного покрытия равна 9 мм, в этом случае дополнительно включают еще два слоя мастики и стеклохолст.

Битумное покрытие изготавливают в основном в заводских условиях, а уже вручную заделывают стыки труб на трассе.

Самый распространённый вид изоляционного покрытия в настоящий момент – полимерное покрытие из экструдированного полиэтилена или полипропилена.

Комбинированные покрытия состоят из битумно-полимерного грунтовочного слоя, поверх которого наносят слой липкой полиэтиленовой ленты, а затем защитный слой из экструдированного полиэтилена [2].

Мировая практика показывает, что полную защиту от коррозии осуществить пассивным методом практически невозможно, и параллельно с ней целесообразно применять активную защиту. Сущность активного метода заключается в катодной поляризации и в поддержании защитного потенциала. Такая комплексная защита подземных сооружений, включающая пассивную защиту на основе защитных покрытий и электрохимическую защиту, основанную на катодной поляризации сооружения, обеспечивает эффективную защиту от коррозии.

Осуществить катодную поляризацию можно, используя специальные установки: протекторные, катодные.

Протекторная защита заключается в подсоединении к металлическим изделиям электродов, изготовленных из более электроотрицательных, чем сталь, материалов. Для защиты стали от подземной коррозии протекторами служат: алюминий, его сплавы, цинк, магний и его сплавы. Принципиальная схема протекторной защиты показана на рис. 1.

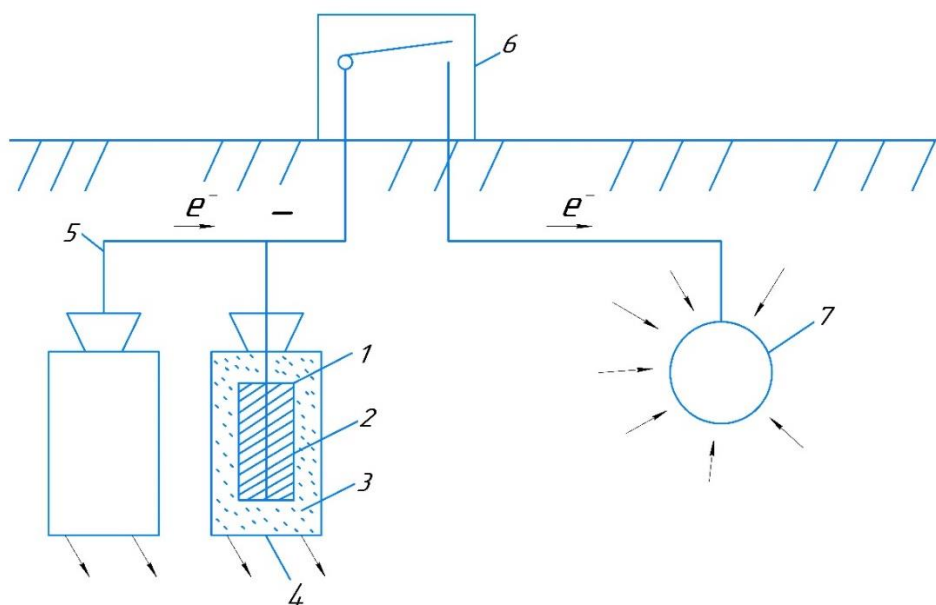


Рисунок 1 – Схема протекторной защиты: 1 – протектор; 2 – стальной сердечник; 3 – активатор; 4 – хлопчатобумажный мешок; 5 – соединительный кабель; 6 – контрольно-измерительная колонка; 7 – трубопровод

Использование катодной защиты для предотвращения коррозии хорошо зарекомендовало себя для защиты металлических конструкций, таких как обсадные трубы и трубопроводы, которые зарыты в грунт. Она также применяется для защиты внутренних резервуаров, в которых содержатся агрессивные растворы, для защиты протяженных подземных металлоконструкций и т.д.

Одним из наиболее часто применяемых и надежных методов электрохимической защиты от коррозии является катодная защита. Она применяется в совокупности с защитными покрытиями.

Катодная защита заключается в создании при помощи внешнего источника тока (генераторы постоянного тока, батареи, выпрямители) катодной поляризации на защищаемом трубопроводе, на котором протекает катодная реакция восстановления кислорода, приводящая к прекращению процесса коррозии в течение длительного времени.

Положительный полюс источника тока подключается к анодному заземлителю, на котором протекает анодная реакция растворения. Принцип действия катодной поляризации основан на смещении потенциала коррозии трубы к более отрицательным значениям на $\sim 0,25-0,3$ В [3]. Защитный ток распространяется неравномерно по всей протяженности трубопровода, наибольшие значения достигаются в точке дренажа – месте подключения отрицательного полюса. Высокие значения тока в данной точке приводят к негативным последствиям, таким как водородное растрескивание.

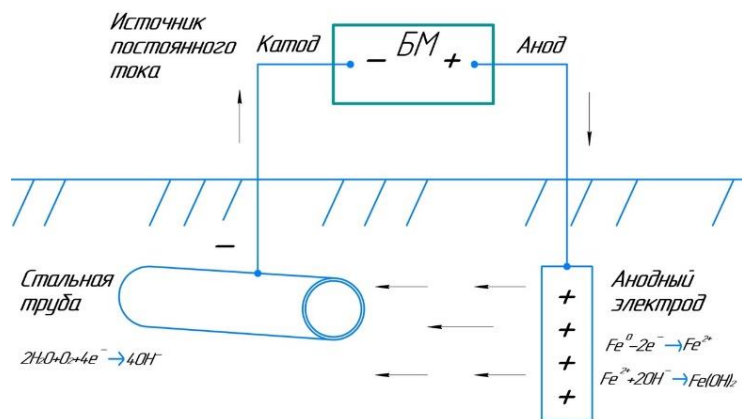


Рисунок 2 – Схема станции катодной защиты

Станции катодной защиты используются по всей протяженности трубопровода и включают в себя: анодные заземлители, кабели, выполняющие соединительные функции, преобразователи, контрольно-измерительные пункты. Источниками питания для станций катодной защиты в основном являются трансформаторные, тиристорные или современные инверторные преобразователи с более высоким КПД (90%) [4].

Результаты исследования. Саратовское предприятие ООО «Центр Инновационных Технологий-Э.С.» занимается проектированием и производством электрических преобразователей для катодной защиты. На рис. 3 показаны базовые модули, являющиеся источниками выпрямленного тока в преобразователе катодной защиты. Базовые модули могут включаться параллельно для создания требуемой мощности преобразователя. В таком режиме напряжение остается неизменным 48 В или 96 В, а сила тока увеличивается кратно количеству базовых модулей.



Рисунок 3 – Два базовых модуля электрохимической защиты соединённые параллельно с номинальными характеристиками 48В, 40А

Базовые модули существуют двух основных видов: обычные, предназначенные для установки в преобразователь, рассчитанный для защиты одного сооружения, на фото справа и продвинутый вариант слева, который имеет обозначение МК – многоканальный, он имеет другой принцип управления и предназначен для установки в преобразователь, предназначенный для защиты нескольких разных сооружений. Преобразователи в многоканальном исполнении позволяют защищать до 5 сооружений одновременно, при этом величина требуемого защитного потенциала регулируется отдельно для каждого сооружения.

Базовыми модулями дополнительно возможно управлять дистанционно с помощью блока управления (рис. 4), на котором можно наблюдать в реальном времени значения силы тока и напряжения.



Рисунок 4 – Блок управление базовыми модулями

На рис. 5 показан общий вид станции электрохимической защиты, состоящей из 3-х базовых модулей, подключённых параллельно.

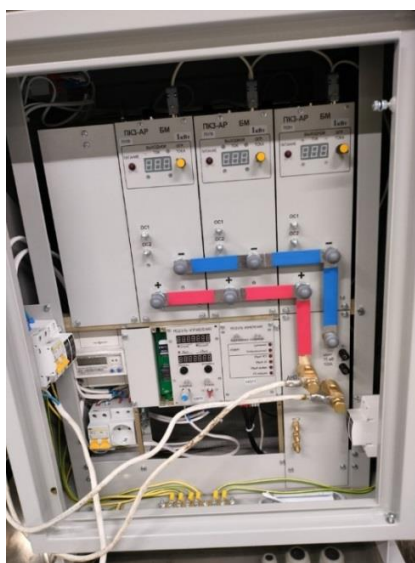


Рисунок 5 – Станция ЭХЗ, состоящая из 3-х базовых модулей, подключённых параллельно 48В, 60А

Заключение. Под воздействием внешнего источника постоянной ЭДС возникает движение электронов от анодного заземлителя к защищаемому сооружению. Теряя электроны атомы металла анодного заземлителя переходят в виде ионов в раствор почвенного электролита, то есть анодный заземлитель разрушается. На катоде (защищаемом сооружении) происходит избыток свободных электронов, при участии которых происходят восстановительные реакции на металле защищаемого объекта, что позволяет значительно замедлить процесс электрохимической коррозии, продлить срок службы и увеличить вероятность безаварийной эксплуатации металлических сооружений.

Список источников

1. Медведева, М.Л. Коррозия и защита магистральных трубопроводов и резервуаров: учеб. пособие / М.Л. Медведева, А.В. Мурадов, А.К. Прыгаев – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2013. – 250 с.
2. Ткаченко, В.Н. Электрохимическая защита трубопроводов: учеб. пособие / В.Н. Ткаченко - Волгоград: НП ИПД «Авторское перо», 2005. – 234 с.
3. Семенова, И.В. Коррозия и защита от коррозии / И.В. Семенова, Г.М. Флорианович, А.В. Хорошилов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 336 с.
4. Будкевич, Р.Л. Защита оборудования от коррозии: учеб. пособие / Р.Л. Будкевич. – Альметьевск: Альметьев. гос. нефт. ин-т, 2007. – 56 с.

© Скорин И.А., Бахтеев С.В., Линиченко Д.С., 2023

Научная статья
УДК 53.084.863

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ПО ТЕПЛОСЧЕТЧИКУ С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМИ И НОРМАТИВНЫМИ ДАННЫМИ

Наталья Владимировна Соболева¹, Андрей Станиславович Ижевский²

^{1,2} Дальневосточный государственный аграрный университет, г. Благовещенск, Россия

¹ soboleva.07@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6319-571X>

² izevski@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4996-6749>

Аннотация. В статье приводится сравнительный анализ потребления тепловой энергии согласно нормативных данных и данных снятых с приборов учета.

Ключевые слова: тепловая энергия, нормы потребления тепловой энергии, централизованное теплоснабжение, гигакалории, Амурская область.

Для цитирования: Соболева Н.В. Сравнительный анализ потребления тепловой энергии по теплосчетчику с экспериментальными и нормативными данными / Н.В. Соболева, А.С. Ижевский // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием

/ Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023

Original article

COMPARATIVE ANALYSIS OF HEAT ENERGY CONSUMPTION BY HEAT METER WITH EXPERIMENTAL AND REGULATORY DATA

Natalia Vladimirovna Soboleva¹, Andrey Stanislavovich Izhevski²

^{1,2} Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

¹ soboleva.07@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6319-571X>

² izevski@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4996-6749>

Annotation. The article provides a comparative analysis of heat energy consumption according to regulatory data and data taken from metering devices

Keywords: thermal energy, norms of consumption of thermal energy, centralized heat supply, gigacalories, Amur region.

For citation: Soboleva N.V. Comparative analysis of heat energy consumption by heat meter with experimental and regulatory data / N.V. Soboleva, A.S. Izhevski // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. С.М. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023

Введение. В настоящее время централизованное теплоснабжение широко применяется как важный источник обеспечения жилых домов, различных организаций и предприятий в том числе и учебных заведений. Энергетическое предприятие, Благовещенская ТЭЦ, сжигает за сутки в пики морозов 160 вагонов угля, а за год — два миллиона тонн. ТЭЦ за свою историю уже выработала 42 миллиарда киловатт-часов электроэнергии и более 67 миллионов гигакалорий тепла. Для результативной работы в системе централизованного теплоснабжения необходим рынок сбыта и местный источник энергии, которым может быть теплота, вырабатываемая вместе с электричеством. Все затраты на потребление зависят не только от стоимости ресурсов, но и стоимости гарантийного и сервисного обслуживания, а также и стоимости расходных материалов. Следовательно, чтобы привести сравнительный анализ необходимо учитывать все факторы [3].

Также стоит отметить влияние на эффективность работы системы теплоснабжения температура окружающей среды. В период отопительного сезона с октября по май, температура на юге Амурской области колеблется в пределах от +15⁰ до -45⁰ по шкале Цельсия [3,4].

Материалы и методы. Важную роль в развитии теплоснабжения является экологический фактор. Загрязнения от централизованной системы теплоснабжения в разы меньше, чем все суммарные выбросы от различных систем такого же предназначения.

Если рассматривать понятие годовое потребление тепловой энергии на отопление, то оно относится не к самим зданиям как конструктивной системе, а характеризует его с учетом климатических условий, численностью населения и условие его эксплуатации [2].

Самой доступной информацией при выполнении измерений являются следующие показатели: температура окружающей среды, которую можно получить из источников гидрометцентра и показания общедомового счетчика тепловой энергии на отопление в помещении.

Результаты исследования. Более подробно рассмотрим потребление тепловой энергии в двухэтажном административном здании, построенном из красного кирпича, находящегося в южной части Амурской области. В таблицах будут приведены данные за 2020 - 2023 год снятые с прибора учёта и данные потребления энергии по нормативным данным, помесечно [1].

Таблица 1 - Фактическое потребление тепловой энергии в отопительный период

№ п.п.	Дата снятия показаний, день, месяц, год	Текущие показания	Расход, Гкал	Тариф, руб.	Стоимость, руб.
2020 – 2021 год					
1.	25.10.2020	0,125	0,125	3963,14	17445,74228
2.	25.11.2020	4,527	4,402	3963,14	21068,05224
3.	25.12.2020	9,843	5,316	3963,14	26148,79772
4.	25.01.2021	16,4410	6,598	3963,14	28788,24896
5.	25.02.2021	23,705	7,264	3963,14	17077,96289
6.	25.03.2021	28,0142	4,3092	3963,14	11494,29494
7.	25.04.2021	31,778	2,9003	3963,14	3422,17139
8.	25.05.2021	33,423	1,645	3963,14	6519,3653
Всего			32,5595		131964,63572
2021 – 2022 год					
1.	25.10.2021	35,613	3,835	3963,14	15198,6419
2.	25.11.2021	39,46	3,847	3963,14	15246,19958
3.	25.12.2021	46,079	6,619	3963,14	26232,02366
4.	25.01.2022	53,333	7,254	3963,14	28748,61756
5.	25.02.2022	60,21	6,877	3963,14	27254,51378
6.	25.03.2022	65,4599	5,249	3963,14	20806,08869
7.	25.04.2022	67,2580	1,7981	3963,14	7126,122034
8.	25.05.2022	68303	1,045	3963,14	4141,4813
Всего			36,5241		144753,688504
2022 – 2023 год					
1.	25.10.2021	72,810	1,966	3963,14	7791,53324
2.	25.11.2021	77,026	4,216	3963,14	16708,59824
3.	25.12.2021	83,456	6,43	3963,14	25482,9902
4.	25.01.2022	90,2140	6,758	3963,14	26782,90012
5.	25.02.2022	97,320	7,106	3963,14	28162,07284
6.	25.03.2022	101,391	4,071	3963,14	16133,94294
7.	25.04.2022	104,486	3,095	3963,14	12265,9183
8.	25.05.2022	105,571	1,085	3963,14	4300,0069
Всего			33,642		137627,9627

Таблица 2 - Нормативное потребление тепловой энергии в год

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Всего
Расход, Гкал	10,18	8,42	6,72	3,87	0,66	4,11	7,04	9,65	50,65

Примечание: Нормативные данные за 2020 – 2023г.г. не изменялись.

Заключение. Анализируя табличные данные, следует отметить, что потребление тепловой энергии в течении трех лет в отопительный период с октября по май колеблется в пределах одних и тех же значениях, от 32 до 36 Гкал. Если учитывать нормативные данные, без приборов учета, то потребление тепловой энергии в год будет составлять 50,65 Гкал тепла. По итогам проведенных результатов приборы учета теплоснабжения (таблица 1) позволяет сэкономить от 15 % до 50%, так как производить оплату придется за реально использованное тепло, а не по нормативным средним показателям.

Список источников

1. Долгушев И.А. Современные системы учета тепловой энергии. генерация, транспортировка и потребление / И.А. Долгушев, А.В. Салитов // Проблемы автоматизации и управления в технических системах: сб. ст. Междунар. науч.-техн. конф. / под ред. д.т.н., проф. М. А. Щербакова. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2013. – 516 с.
2. Нормативы потребления тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение для населения <https://dvgk.ru/page/102>.
3. Отопительный сезон – 2022: права потребителей и обязанности исполнителей <https://www.garant.ru/article/1568431/>.
4. Потребителям тепловой энергии <https://amurcomsys.ru/pot-tep-en>.

@ Соболева Н.В., Ижевский А.С., 2023

Научная статья
УДК 631.21

АНАЛИЗ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ СОРТИРОВКИ ПЛОДОВ НА ПИЩЕВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Дмитрий Юрьевич Сохинов¹, Ростислав Александрович Кравченко²,
Владислав Викторович Кишко³

^{1,2,3}ФГБОУ ВО “Российский биотехнологический университет” (РОСБИОТЕХ),
г. Москва, Россия

¹dmitrysokhinov@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-0030-8580>

²rostislav.kravchenko.2001@mail.ru

³didakostya@gmail.com

Аннотация. Автоматизация сортировки фруктов на производстве является важной технологической задачей. Она направлена на увеличение качества и

эффективности производства, а также сокращение затрат на обработку и утилизацию непригодных плодов. Одним из наиболее эффективных и распространенных методов сортировки фруктов является использование роботизированной установки с компьютерным зрением и машинным обучением. С помощью специальных камер и алгоритмов обработки изображений система автоматически выделяет непригодные плоды и отбраковывает их. В данной статье будет рассмотрен выбор и приведена классификация оптимальной роботизированной системы для сортировки фруктов.

Ключевые слова: Автоматизированная сортировка, роботизированные системы, компьютерное зрение, машинное обучение.

Для цитирования: Сохинов Д.Ю. Анализ роботизированных систем для сортировки плодов на пищевом производстве / Д.Ю. Сохинов, Р.А. Кравченко, В.В. Кишко // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

ANALYSIS OF ROBOTIC SYSTEMS FOR FRUIT SORTING IN FOOD PRODUCTION

Dmitry Yuryevich Sokhinov¹, Rostislav Aleksandrovich Kravchenko², Vladislav Vladimirovich Kishko³

^{1,2,3}Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), Moscow, Russia

¹dmitrysokhinov@gmail.com

²rostislav.kravchenko.2001@mail.ru

³didakostya@gmail.com

Annotation. Automation of sorting of unsuitable fruits in production is an important technological task. It is aimed at increasing the quality and efficiency of production, as well as reducing the cost of processing and disposal of unsuitable fruits. One of the most effective and widespread methods of fruit sorting is the use of a robotic installation with computer vision and machine learning. With the help of special cameras and image processing algorithms, the system automatically selects unsuitable fruits and rejects them. In this article, the selection and classification of the optimal robotic system for fruit sorting will be considered.

Keywords: Automated sorting, robotic systems, computer vision, machine learning.

For citation: Sokhinov D.Yu. Analysis of robotic systems for fruit sorting in food production / D.Yu. Sokhinov, R.A. Kravchenko, V.V. Kishko // Actual problems of agricultural energy: materials of the XIV National Conference with international participation / Edited by S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023

Введение. При выборе робота для автоматизации сортировки непригодных фруктов на производстве необходимо учитывать ряд критериев и одним из них является вид фруктов, которые будут сортироваться. Разные фрукты имеют

разные размеры, формы, структуры и плотность, и некоторые из них могут быть более сложными для сортировки, чем другие [3]. Например, яблоки имеют круглую форму и могут иметь различный размер и цвет, в то время как груши имеют грушевидную форму и более мягкую текстуру. Для сортировки разных типов фруктов могут потребоваться различные роботы с разными инструментами и настройками.

Материалы и методы. Отсюда вытекает такой фактор как - гибкость настройки. Он является важным критерием при выборе робота для автоматизации сортировки непригодных фруктов на производстве. Робот должен иметь возможность настраиваться на различные типы фруктов, размеры и формы, а также различные параметры сортировки. Гибкость настройки может помочь улучшить эффективность и точность сортировки, а также сократить количество непригодных фруктов, которые могут попасть в дальнейшее производство.



Рисунок 1 – Дельта робот



Рисунок 2 – SCARA-робот

Следующим критерием является скорость сортировки непригодных фруктов. Робот должен быть способен обрабатывать фрукты быстро и эффективно, чтобы сократить время сортировки и увеличить производительность производства [1]. Скорость сортировки может зависеть от таких факторов, как тип фруктов, количество фруктов, которые должны быть обработаны, и настройки робота.

Говоря про критерий скорости, не стоит забывать и про ключевой фактор автоматизированной сортировки – точность позиционирования [5]. Робот должен быть способен обеспечивать высокую точность сортировки, чтобы исключить ошибки и минимизировать количество непригодных фруктов, которые могут попасть на производство.

Также важно учитывать совместимость с другими системами, используемыми на производстве [6]. Робот должен быть совместим с системами управления производством, системами сбора данных и другими роботами, которые могут использоваться на производстве. Это поможет улучшить эффективность работы и сократить время, затрачиваемое на настройку и его интеграцию в производственный процесс.



Рисунок 3 – Робот манипулятор



Рисунок 4 – Робот UR5

Результаты исследования. Процесс сортировки начинается с того, что фрукты размещаются на конвейере и передвигаются к роботу. Камера на роботе сканирует каждый фрукт, и программа определяет его размер и качество на основе заранее заданных параметров [2]. Затем робот использует свои «механические руки», чтобы выбрать фрукт и переместить его на нужное место в соответствии с заданными параметрами сортировки. Например, фрукты с различными заболеваниями перемещены в одно место, а здоровые фрукты пускаются дальше по конвейеру.

Как видно из таблицы 1, каждый робот работает по-разному. Робот дельта (рис. 1) использует кинематическую модель на основе системы палочек и шарниров. SCARA-робот (рис. 2) использует кинематическую модель с обратной связью по положению. Манипулятор (рис. 3) основан на сервоприводах. Каждый робот программируется на разных языках программирования. Робот дельта может быть запрограммирован на MATLAB, Simulink, C++, Python и Java. SCARA-робот может быть запрограммирован на C++, Java, Python и .NET. Манипулятор может быть запрограммирован на C++, Java, Python, .NET и ROS.

В итоге, выбор между этими роботами зависит от конкретной задачи, которую необходимо выполнить. Наша задача – это быстрый выбор непригодных плодов на движущемся конвейере [4]. Для этого нам потребуется быстрая и точная работа с небольшой нагрузкой на инструмент с оптимальным ценовым сегментом.



Рисунок 5 – Робот ABB IRB 2600

Таблица 1 – Сравнение и выбор оптимального решения для автоматизации процесса сортировки на производстве

Характеристики	Робот дельта	SCARA-робот	Манипулятор	UR5	ABB IRB 2600
Количество степеней свободы	3	4-6	4-6	6	6
Максимальная скорость движения	3 м/с	1,5 м/с	1 м/с	1,5 м/с	2,5 м/с
Максимальное ускорение	15 g	1,2 g	2 g	5 g	10 g
Точность позиционирования	0,1 мм	0,02 мм	0,02 мм	0,03 мм	0,02 мм
Нагрузка на инструмент	до 1 кг	до 5 кг	до 50 кг	5 кг	20 кг
Рабочий объем	до 1 м ³	до 0,5 м ³	до 1,5 м ³	1,3 м ³	0,62 м ³
Типы используемых инструментов	электромеханические, пневматические	электромеханические, пневматические	электромеханические, пневматические, гидравлические	электромеханические	электромеханические, пневматические
Среднее время между сбоями	10 000 часов	5 000 часов	1 000 часов	35 000 часов	60 000 часов
Среднее время наладки	2 часа	8 часов	24 часа	1 час	4 часа
Стоимость	от \$50 000	от \$30 000	от \$100 000	от \$35 000	от \$80 000
Принцип работы	Кинематическая модель дельта-робота, основанная на системе палочек и шарниров	Кинематическая модель с обратной связью по положению	Промышленный манипулятор, основанный на сервоприводах	Кинематическая модель с обратной связью по положению	Промышленный манипулятор, основанный на
Языки программирования и настройки	MATLAB, Simulink, C++, Python, Java	C++, Java, Python, .NET	C++, Java, Python, .NET, ROS	C++, Java, Python, URScript	RAPID

Для данной задачи рекомендуется использовать «SCARA-робот». SCARA-робот (Selective Compliance Assembly Robot Arm) – это промышленный робот с координатами X, Y и Z, который был разработан для выполнения повторяющихся задач на промышленных производственных линиях. SCARA-роботы используются для манипулирования предметами в процессе сборки, позиционирования и сортировки.

Одним из главных преимуществ SCARA-роботов является их точность и скорость работы, что позволяет им выполнять задачи с высокой степенью эффективности. Благодаря своей конструкции, SCARA-роботы обладают большой жесткостью и низким уровнем вибраций, что делает их идеальным выбором для выполнения задач, требующих высокой точности в действиях.

Еще одним преимуществом SCARA-роботов является их гибкость в настройке и программировании. SCARA-роботы могут быть настроены и запрограммированы для выполнения широкого спектра задач, что позволяет им легко интегрироваться в различные производственные процессы. Кроме того, SCARA-роботы обычно используются в системах с промежуточным хранением, что увеличивает производительность и гибкость системы.

Робот дельта имеет параллельную кинематику, работает посредством линейного и трехкоординатного движения, и используется для сортировки, упаковки и монтажа. Он имеет высокую скорость работы, но ограничен в гибкости в настройке и нагрузке на концевой инструмент, и стоит дороже, чем SCARA-робот.

Манипулятор имеет серийную кинематику, работает посредством линейного и поворотного движения, и используется для сварки, грузоперевозок и сборки. Он наиболее гибок и наименее дорог, но требует более высокой степени обслуживания и имеет большую нагрузку на концевой инструмент.

Кроме того, каждый из этих роботов имеет различное количество степеней свободы, что определяет его возможности в движении и ориентации инструмента. Робот дельта имеет только 3 степени свободы, что ограничивает его возможности. SCARA-робот имеет от 4 до 6 степеней свободы, что дает ему большую гибкость в настройке, но требует более тщательной калибровки. Манипулятор также имеет от 4 до 6 степеней свободы, но благодаря своей серийной кинематике может иметь большую нагрузку на инструмент и лучше справляться с более тяжелыми задачами.

Заключение. Таким образом, робот дельта обладает высокой скоростью движения и ускорением, но имеет меньшее количество степеней свободы и более высокую цену. Манипуляторы, UR5 (рис. 4) и ABB IRB 2600 (рис. 5) обладают большой грузоподъемностью и рабочим объемом, но скорость движения и точность позиционирования ниже, чем у дельты и SCARA-роботов. А вот SCARA-робот обладает большим количеством степеней свободы, высокой скоростью и точностью позиционирования, а также относительно доступным ценником в сравнении с дельта-роботом. Поэтому именно он является оптимальным вариантом для автоматизированной сортировки фруктов на производстве.

Список источников

1. Результаты создания интеллектуальной системы с использованием нейросетевых технологий для оценки качества яблок при сортировке / В.А. Каргин, В.В. Кишко, К.М. Усанов, Д.Ю. Сохинов // Вавиловские чтения - 2022: Сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 135-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова, Саратов, 22–25 ноября 2022 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2022. – С. 710-715. – EDN FBWOUM.
2. Сохинов, Д.Ю. Рекомендации по подготовке dataset для машинного обучения / Д.Ю. Сохинов, Р.А. Кравченко, О.В. Логачева // Роговские чтения: сборник докладов научно-практической конференции с международным участием, Москва, 16 декабря 2022 года. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. – С. 368-373. – EDN EPSEBE.
3. Перспективы использования роботизированной системы для сортировки фруктов / А.М. Борисевский, В.А. Каргин, С.А. Мокрушин, Д.Ю. Сохинов // Роговские чтения: сборник докладов научно-практической конференции с международным участием, Москва, 16 декабря 2022 года. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. – С. 133-138. – EDN CSZOAJ.
4. Каргин, В.А. Перспективы использования алгоритмов искусственного интеллекта для раннего обнаружения заболеваний сырья растительного происхождения / В.А. Каргин, В.В. Кишко, А.М. Борисевский // Фабрика будущего: переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам для отраслей пищевой промышленности: Сборник научных докладов III Международной специализированной конференции - выставки, Москва, 29 марта 2022 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2022. – С. 142-148. – EDN SGGQXQ.
5. Кантеев, Р.А. Совершенствование локальной системы автоматического регулирования концентрации озона в процессе водоподготовки / Р.А. Кантеев, В.А. Каргин, С.А. Алешин // Информатизация и автоматизация в пищевой промышленности: Сборник научных докладов Всероссийской научно-технической конференции, Москва, 18 мая 2022 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2022. – С. 144-149. – EDN WOCRXF.
6. Программируемая система управления процессами в блочной теплице / В.А. Каргин, К.М. Усанов, В.А. Стрельников, А.М. Борисевский // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2022. – Т. 69, № 3(48). – С. 69-75. – DOI 10.22314/2658-4859-2022-69-3-69-75. – EDN JQKGST.

@ Сохинов Д.Ю., Кравченко Р.А., Кишко В.В., 2023

Научная статья
УДК 375.5

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО ЭКЗАМЕНА ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 13.02.06 РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Ольга Николаевна Спирина¹, Андрей Петрович Волков²

¹Поволжский государственный колледж, г. Самара, Россия

²Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

¹spirinaon2017@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-1436-1741>

²andvolkov@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0004-0997-2129>

Аннотация. В статье приводятся анализ проведения демонстрационного экзамена в Самарском энергетическом колледже по специальности Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

Ключевые слова: энергетика, демонстрационный экзамен, независимые эксперты.

Для цитирования: Спирина О.Н. Опыт проведения демонстрационного экзамена по специальности 13.02.06 Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем / О.Н. Спирина, А.П. Волков // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023

Original article

EXPERIENCE IN CONDUCTING A DEMONSTRATION EXAM IN THE SPECIALTY 13.02.06 RELAY PROTECTION AND AUTOMATION OF ELECTRIC POWER SYSTEMS

Olga Nikolaevna Spirina¹, Andrey Petrovich Volkov²

¹Povolzhsky State College, Samara, Russia

²Samara State Technical University, Samara, Russia

¹spirinaon2017@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-1436-1741>

²andvolkov@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0004-0997-2129>

Annotation. The article provides an analysis of the demonstration exam at the Samara Energy College in the specialty Relay protection and automation of electric power systems

Keywords: energy, demonstration exam, independent experts.

For citation: Spirina O.N. Experience of conducting a demonstration exam in the specialty 13.02.06 Relay protection and automation of electric power systems / O.N. Spirina, A.P. Volkov // Actual problems of agricultural energy: materials of the XIV National Conference with international participation / Edited by S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023

Введение. За почти 30 лет, прошедшие со времени распада СССР, наше общество претерпело глобальные изменения, которые не могли не коснуться системы образования. Из стандартов [1] ушло понятие начального образования, высшее образование перешло на формат Болонской системы. По мнению очень многих специалистов, как в нашей стране, так и за рубежом, система образования в СССР была очень жесткая, но она позволяла решать задачи эффективной подготовки специалистов любого уровня. В этом историческом процессе система среднего профессионального образования претерпела наименьшие изменения, сохранив главное – ориентацию на практическую подготовку. Не случайно, что в 2021-2025 гг. численность студентов среднего профессионального образования в России будет ежегодно увеличиваться в среднем на 2,3% и в 2025 г составит 3,75 млн. чел.

Материалы и методы. Демонстрационный экзамен (ДЭ), как новая форма государственной итоговой аттестации (ГИА), введен в практику подготовки специалистов среднего звена приказом Министерства просвещения РФ (№800 от 8.11.2021) [2].

Подготовка техников – электриков Самарской области по специальности 13.02.06 «Обслуживание и ремонт оборудования релейной защиты и автоматики» проводилась в Самарском энергетическом колледже (СЭК). Впервые демонстрационный экзамен был реализован в СЭК в 2021 г.

Возможность проведения экзамена была определена получением гранта в номинации «Промышленные и инженерные технологии», где СЭК стал победителем в Конкурсном отборе на предоставление грантов в рамках реализации федерального проекта «Молодые профессионалы» национального проекта «Образование».

Благодаря проекту, было закуплено самое современное оборудование, выпускаемое российскими производителями: ячейки КРУСЭЩ-80 Самарского завода «Электрощит» с блоками микропроцессорной защиты БМРЗ, устройства для измерения параметров релейной защиты Ретом-21 (НПО «Динамика», г. Чебоксары); цифровые измерительные приборы: мегаомметр Е6-32 (АО «НПФ «РАДИО-СЕРВИС») и вольтамперфазометр цифровой Ретометр-М2.2 (НПО «Динамика»).

Создание мастерской нового уровня способствовало более качественной подготовке студентов по всем видам деятельности, которые входят в федеральный государственный образовательный стандарт специальности 13.02.06 [3]: наладка и испытание устройств релейной защиты, автоматики, средств измерения и систем сигнализации; диагностика и ремонт устройств релейной защиты, автоматики, средств измерения и систем сигнализации; обслуживание высоковольтного оборудования, устройств релейной защиты, автоматики, средств измерений и систем сигнализации и др.

Руководством Самарского энергетического колледжа было принято решение – реализовать пилотный проект: ввести демонстрационные экзамены на стадии промежуточной аттестации, т.е. экзамены по профессиональным модулям провести в форме демонстрационного экзамена. Проведение

квалификационного экзамена в форме демонстрационного было воспринято коллективом СЭЖ позитивно, поскольку преподаватели колледжа были подготовлены к работе с профессиональными стандартами – успешно конвертировали их в образовательные программы [4], имели опыт дуального обучения.

Результаты исследования. Формат демонстрационного экзамена на всех уровнях аттестации - промежуточной (ПА), ГИА, позволяет техникумам и колледжам моделировать реальные условия, с которыми сегодняшние выпускники столкнутся на производстве. Это касается не только вопросов применения практических умений и навыков, но и общих компетенций, которыми должен овладеть выпускник.

Несмотря на все плюсы ДЭ, следует отметить, что его проведение - это очень сложное мероприятие, в выполнении которого задействована большая группа работников, включая не только сертифицированных экспертов, но и учено-методический, научно-методический, административно-хозяйственный персонал организации, на площадке которой проводится ДЭ.

Важным элементом проведения демонстрационного экзамена уровня ГИА является наличие независимых экспертов из числа подготовленных и сертифицированных преподавателей и специалистов с производства. Причем преподаватели должны представлять другое учебное заведение, незаинтересованное в «завышении» оценки.

ДЭ уровня ПА оценивается преподавателями, ведущими модуль. И с этим проблем нет. ГИА требует привлечения независимых экспертов, и здесь часто возникают проблемы. Продолжительность ДЭ уровня ГИА нередко составляет порядка 6 часов, зачастую материально-техническая база не позволяет увеличить количество рабочих мест до количества студентов в группе, поэтому экзамен может растянуться на 3-4 дня (в зависимости от количества рабочих мест и количества студентов в группе). Независимые эксперты с предприятия, да и преподаватели других учебных заведений, не могут такое длительное время находиться на экзаменационной площадке.

Кроме организации собственно выполняемых заданий, в ходе демонстрационного экзамена необходимо поддерживать позитивный тонус участников мероприятия: студентов, экспертов, всех вовлечённых в процесс проведения ДЭ; качественно организовывать режим труда и отдыха, питания. Учащиеся других учебных заведений и сдающие экзамен «на чужой территории» находятся в более тяжёлых психологических условиях, что приводит к снижению результатов экзамена.

За два года на базе мастерской «Обслуживание и ремонт электрооборудования релейной защиты» ДЭ в рамках ГИА выполняли два учебных заведения г. Самары: СЭЖ и Самарский колледж железнодорожного транспорта им. А.А. Буянова.

Выпускники показали достаточный уровень знаний, умений и практических навыков в работе с электрооборудованием, электроизмерительными приборами. Наблюдался значительный разброс

результатов между максимальным баллом – 61,75 из 66 баллов по оценочной ведомости и минимальным – 18 при среднем балле 44,75.

В 2022 году результаты незначительно отличались от предыдущего года. Отрядным фактом является то, что большинство выпускников 2021-2022 г.г. устроились работать по выбранной специальности.

Заключение. Учитывая вышесказанное и опыт участия Самарского энергетического колледжа в организации и проведении ДЭ на всех уровнях, можно сделать следующие выводы:

1. Демонстрационный экзамен позволяет определить уровень освоения выпускником материала, предусмотренного учебной программой и степень сформированности профессиональных умений и навыков при независимой процедуре оценивания;

2. Организаторы проведения ДЭ уровня ГИА испытывали большие затруднения с привлечением независимых экспертов, в том числе экспертов с производства.

3. Объём заданий [5] и время проведения ДЭ непомерно велики и трудны для молодых людей, поэтому в качестве ГИА можно рассмотреть вопрос о частичном зачёте заданий ГИА в рамках промежуточной аттестации.

4. Материально-техническое обеспечение ДЭ требует особенного финансирования: в условиях подготовки специалистов оборудование находится в более тяжёлых условиях по сравнению с реальной эксплуатацией на производстве и требует своевременного обслуживания и ремонта.

Список источников

1. Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».
2. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 8 ноября 2021г. №800 «Об утверждении порядка проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего профессионального образования» (в ред. Приказа Минпросвещения России от 05 мая 2022г. №311).
3. Приказ от 14 декабря 2017 г. №1217 Об утверждении Федерального образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 13.02.06 Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем
4. Спирина О.Н., Волков А.П. Профессиональные стандарты при подготовке техников-электриков специального профессионального образования. Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии: сборник статей [Электронный ресурс] / под ред. М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, А.К. Стрелкова; АСИ СамГТУ. – Электронные текстовые и графические данные (15,9 Мбайт). – Самара, 2017.
5. Оценочные материалы для демонстрационного экзамена по стандартам Ворлдскиллс Россия. УТВЕРЖДЕНО Рабочей группой по вопросам разработки оценочных материалов в 2021 году для проведения Демонстрационного экзамена по стандартам Ворлдскиллс Россия по образовательным программам

Научная статья
УДК 621.317.38

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ (АСКУЭ)

**Владимир Александрович Трушкин¹, Геннадий Васильевич Борисов²,
Муслим Аликович Абзалов³**

^{1,2,3}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹v.a.trushkin@mail.ru <https://orcid.org/0009-0005-8677-0747>

²borisov.g3nnady@yandex.ru <https://orcid.org/0009-0009-1432-1167>

³muslim47464@gmail.com <https://orcid.org/0009-0004-7082-5371>

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы построения автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии, описываются основные элементы таких систем. Приводится сравнительный анализ устройств учета электрической энергии.

Ключевые слова: счетчик электрической энергии, концентратор, коммутатор, устройство сбора и передачи данных.

Для цитирования: Трушкин В.А. Особенности проектирования автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) / В.А. Трушкин, Г.В. Борисов, М.А. Абзалов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

FEATURES OF THE DESIGN OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR MONITORING AND ACCOUNTING OF ELECTRICITY (ASMAE)

Vladimir Alexandrovich Trushkin¹, Gennady Vasilyevich Borisov², Muslim Alikovich Abzalov³

^{1,2,3} Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹v.a.trushkin@mail.ru <https://orcid.org/0009-0005-8677-0747>

²borisov.g3nnady@yandex.ru <https://orcid.org/0009-0009-1432-1167>

³muslim47464@gmail.com <https://orcid.org/0009-0004-7082-5371>

Annotation. The article discusses the issues of building an automated system for monitoring and accounting of electricity, describes the main elements of such systems. A comparative analysis of electric energy metering devices is given.

Keywords: electric energy meter, concentrator, switchboard, data collection and transmission device.

For citation: Trushkin V.A. Features of the design of an automated system for monitoring and accounting of electricity (ASMAE)/ V.A. Trushkin, G.V. Borisov, M.A. Abzalov// Actual problems of energy in the agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. S.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. С распадом плановой экономики в 1991 г. закончился период плановой экономики и настал период рыночной экономики. В 1992 г. была организована оптовая торговля электрической энергией на Федеральном оптовом рынке электроэнергии и мощности (ОРЭМ). Правовой основой функционирования ОРЭМ являлись Федеральный закон № 41 от 14 апреля 1995 г. «О государственном регулировании тарифов на электрическую и тепловую энергию в Российской Федерации» и Постановление Правительства РФ от 12 июля 1996 г. № 793 «О федеральном (общероссийском) оптовом рынке электрической энергии (мощности)». В настоящее время правила оптового рынка утверждены в Федеральном законе №35 «Об электроэнергетике» от 26 марта 2003 г [3,4].

Электроэнергия является особым ресурсом по следующим причинам:

- производство, передача и потребление электроэнергии происходят практически одновременно и ее невозможно накапливать в значительных объемах;

- электроэнергия поставляется множеством производителей в общие электрические сети и потребляется оттуда же множеством потребителей. Поэтому невозможно определить, кто произвел электроэнергию, потребляемую тем или иным потребителем – можно лишь контролировать объемы поставки объемы потребления каждым потребителем;

- электроэнергия, получаемая потребителем из энергосистемы, является товаром первой необходимости, только в редких случаях имеющим другие товары-заменители (например, переход на электроснабжение от автономной дизельной электростанции);

- производители вырабатывают и поставляют в общую сеть электрическую мощность точно в соответствии со своими обязательствами, а все потребители суммарно потребляют электрическую мощность также в соответствии со своими обязательствами. Все это регулируется оптовым рынком электроэнергии и мощности

Федеральный закон РФ № 261 «Об энергосбережении» от 23.11.2009 регламентирует мероприятия в отношении организации учета электрической энергии. Современные системы учета электрической энергии предусматривают полную автоматизацию всех процессов, а именно: сбор показаний, передача данных, хранение, обработка результатов и т.п. С этой целью как поставщики,

так и потребители создают на своих объектах автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии – АСКУЭ [3].

Материалы и методы. Современная АСКУЭ, независимо от масштабов и формы собственности предприятия, полностью контролирует весь процесс потребления и имеет возможность по согласованию с поставщиками энергоресурсов гибко переходить к разным тарифным системам.

Целями создания АСКУЭ являются:

- автоматизация сбора информации о потреблении электроэнергии и оперативного её предоставления;
- снижение числа аварийных ситуаций и отклонений режимных параметров от допустимых в работе предприятия за счет мониторинга параметров электроснабжения и управления электроснабжением объектов;
- предоставление измеренных и рассчитанных данных в режиме реального времени эксплуатирующему персоналу;
- информационная поддержка оптимизации затрат;
- снижение коммерческих потерь.

АСКУЭ а обеспечивает:

- получение точной и достоверной информации о потреблении электроэнергии и мощности в границах балансовой принадлежности электрических сетей;
- периодическое измерение активной электроэнергии и реактивной мощности на заданном интервале времени;
- объединение данных, полученных от приборов учета, автоматическое получение отчетов, анализ и выведение результатов на печать с возможностью построения соответствующих графиков;
- хранение данных об измеренных величинах в базе данных, отвечающей требованию защищенности от потери информации и несанкционированного доступа;
- формирование актов, ведомостей и прочей отчетной документации по учету электроэнергии за различные периоды времени;
- диагностику и мониторинг технических средств АСКУЭ;
- проведение финансовых расчетов за электроэнергию и мощность с субъектами рынка электроэнергии;
- проведение финансовых расчетов за электроэнергию с предприятиями и потребителями;
- расчет балансов электрической энергии по точкам поставки [1,2].

В общем случае АСКУЭ состоит из трех уровней (рис. 1) [1].

Первый уровень включает в себя многофункциональные приборы учета (счетчики), измерительные трансформаторы тока и напряжения, вторичные измерительные цепи. Данный уровень выполняет измерения параметров электропотребления в точке учета, регистрацию событий, их хранение в памяти электронного счетчика и выдачи информации в цифровом виде посредством каналов связи на второй уровень. Комплекс оборудования, входящий в первый уровень, называют измерительно-информационным комплексом точки учета (ИИК ТУ).



Рисунок 1 – Структура АСКУЭ

Второй уровень включает устройства сбора и передачи данных (УСПД) и каналобразующую аппаратуру. Данный уровень обеспечивает сбор и передачу информации на третий уровень от нескольких ИИК, сквозной доступ от верхнего уровня непосредственно к ИИК ТУ. Комплекс оборудования, входящий в данный уровень, называют информационно-вычислительным комплексом электроустановки (ИВКЭ). В некоторых версиях АСКУЭ второй уровень может быть совмещен с первым или третьим. В этом случае сбор и передачу информации от нескольких ИИК ТУ осуществляют устройства, объединяющие коммуникационные каналы, такие как концентраторы или коммутаторы.

Третий уровень включает технические средства приема-передачи данных (каналобразующая аппаратура), автоматизированные рабочие места персонала (АРМ), систему обеспечения единого времени (СОЕВ), программное обеспечение (ПО), серверы АСКУЭ, технические средства для организации локальной вычислительной сети и средства информационной безопасности. Этот уровень обеспечивает автоматический сбор и хранение результатов измерений, диагностику состояния, подготовку отчетов, а также импорт-экспорт данных. Оборудование, входящее в состав уровня, представляет собой информационно-вычислительный комплекс (ИВК) сетей, установленный в выделенном помещении [1].

Устройства учета электроэнергии

Счетчик электрической энергии – это интегрирующий по времени прибор, измеряющий активную и (или) реактивную энергию.

С развитием электронных технологий появились приборы учета электроэнергии электронного типа (цифровые). Его основными элементами являются датчики тока и напряжения, тракт аналого-цифрового

преобразования, кнопки управления и ввода информации, дисплей для отображения информации, память.

Основными достоинствами электронных счетчиков являются:

- высокая точность показаний;
- многофункциональность);
- адаптивность к автоматизированным системам учета энергоресурсов.

Концентраторы

Сетевой концентратор (hub) – устройство для объединения нескольких интеллектуальных устройств в общий сегмент, т.е. образующих разделяемую среду, независимо от типа реализуемого протокола.

Принцип его работы заключается в трансляции пакетов, поступающих на один из его портов, всем остальным портам. Таким образом, пакет, поступивший в сеть, будет отправлен всем остальным устройствам сети.

Концентратор не анализирует содержание пакетов информации или их заголовки, а просто копирует их. Основная его задача – это подключение новых устройств к сети и организация ее топологии.

Коммутаторы

Сетевой коммутатор (switch) - устройство, предназначенное для соединения нескольких узлов компьютерной сети в пределах одного или нескольких сегментов сети. Коммутаторы были разработаны с использованием мостовых технологий и часто рассматриваются как многопортовые мосты.

В отличие от концентратора, коммутатор передает данные только непосредственно получателю. Это повышает производительность и безопасность сети, избавляя остальные ее сегменты от необходимости обрабатывать лишние данные.

Устройства сбора и передачи данных (УСПД) - средство группового учета электроэнергии, используемое в АСКУЭ на среднем уровне. УСПД применяют:

- для автоматического с программируемой периодичностью запроса и приема данных приборного учета от группы подключенных к нему по цифровым интерфейсам счетчиков;
- хранения, накопления и обработки этих данных учета, передачи их по каналу связи на верхний уровень, в центр сбора и обработки данных (ЦСОД) в соответствии с конкретными проектами АСКУЭ;
- передачи в обратном направлении служебных или иных данных, например, синхронизация часов электронных счетчиков.

Устройства сбора и передачи данных представляет собой микроконтроллер, состоящий из основного блока, пульта управления и кроссового блока [1].

Результаты исследования. Рынок устройств учета электроэнергии широко представлен как зарубежными производителями, так и отечественными. Исходя из выше приведенных требований к АСКУЭ и опыта эксплуатации проведем сравнительный анализ оборудования двух крупнейших производителей в данной сфере: ООО «Инкотекс-СК» («Меркурий») и ООО «НПО МИР» [5].

Сравнительный анализ характеристик оборудования АСКУЭ		
Характеристики	ООО «Инкотекс-СК»	ООО «НПО МИР»
Измерение счетчиком активной энергии, активной мощности, силы тока, напряжения	+	+
Измерение однофазным счетчиком реактивной энергии, реактивной и полной мощности, Cos φ, частоты	+	+
Измерение энергии в двух направлениях	+	+
Функция фазного учета электроэнергии у трехфазного счетчика	-	+
Монтаж счетчика на опоре ЛЭП	-	+
Наличие в счетчике сторожевого таймера, обеспечивающего перезапуск счетчика в случае его "зависания"	-	+
Наличие в УСПД или модеме-коммуникаторе сторожевого таймера, обеспечивающего перезапуск в случае "зависания"	-	+
Резервирование канала связи от УСПД или модема-коммуникатора до счетчика электроэнергии (PLC, ZigBee)	-	+
Две SIM-карты в УСПД или модеме-коммуникаторе для работы в сети GSM	-	+
Передача данных от УСПД или модема-коммуникатора до сервера	CSD	GPRS, Ethernet

Заключение. Сравнительный анализ характеристик оборудования АСКУЭ показал, что оборудование каждого производителя имеет свои достоинства и недостатки.

ООО «Инкотекс-СК»:

Достоинства: Счетчики имеют сменные модули PLC. Высокое качество оборудования.

Недостатки: Сложности в пуско-наладочных работах (1 концентратор на каждую фазу). Низкая скорость передачи данных от концентратора до сервера. Высокая стоимость связи по CSD.

ООО «НПО МИР»:

Достоинства: Надежность. Не сложные пуско-наладочные работы. Два канала связи модема со счетчиками. Один модем на две секции шин ТП. Автоматический перезапуск. Интеграция в ПО АСКУЭ.

Недостатки: Высокая стоимость оборудования.

Список источников

1. Лоскутов, А.Б. Автоматизированная система контроля и учета электроэнергии / Лоскутов, А.Б., Гардин, А.И., Лоскутов, А.А. – Н.-Новгород: Типография НГТУ, 2018 84 с.
2. Трушкин, В. А., Шлюпиков, С. В., Кукин, Д. С., Трушкина, А. В. Концепция развития цифровой электроэнергетики в РФ / В. А. Трушкин, С. В. Шлюпиков, Д. С. Кукин, А. В. Трушкина [Текст] // Актуальные проблемы энергетики АПК. – Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2022. – С. 165-168.

3. Об электроэнергетике: Федеральный закон от 26 марта 2003 г. №35-ФЗ // Консорциум кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс] - URL: <http://docs.cntd.ru/document/901856089>.
4. Об энергосбережении: Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. №261-ФЗ // Консорциум кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс] - URL: <http://docs.cntd.ru/document/902186281>.
5. Техподдержка Инкотекс // Блог посвященный вопросам эксплуатации счетчиков электроэнергии «Меркурий» [Электронный ресурс] - URL: <http://incotex-support.blogspot.ru/2013/03/bquark.html>

© Трушкин В.А., Борисов Г.В., Абзалов М.А., 2023

Научная статья
УДК 620.424.1

ВОПРОСЫ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ НА ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЯХ

Владимир Александрович Трушкин¹, Денис Сергеевич Кукин², Анна Владимировна Трушкина³

^{1,2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

³Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. г. Саратов, Россия

¹v.a.trushkin@mail.ru <https://orcid.org/0009-0005-8677-0747>

²kukin147@mail.ru <https://orcid.org/0009-0003-8102-8303>

³avt261103@gmail.com <https://orcid.org/0009-0005-3092-5295>

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы противоборства киберугрозам на цифровых подстанциях, описываются основные способы использования уязвимостей злоумышленниками. Предлагаются меры для снижения рисков возможных кибератак.

Ключевые слова: цифровая подстанция, кибербезопасность, информационные технологии, МЭК 61850.

Для цитирования: Трушкин В.А. Вопросы кибербезопасности на цифровых подстанциях / В.А. Трушкин, Д.С. Кукин, А.В. Трушкина // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023

Original article

ISSUES OF CYBER SECURITY ON DIGITAL

SUBSTATIONS

Vladimir Alexandrovich Trushkin¹, Denis Sergeevich Kukin², Anna Vladimirovna Trushkina³

^{1,2} Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

³ Saratov State Technical University named after Gagarina Y.A., Saratov, Russia

¹ v.a.trushkin@mail.ru <https://orcid.org/0009-0005-8677-0747>

² kukin147@mail.ru <https://orcid.org/0009-0003-8102-8303>

³ avt261103@gmail.com <https://orcid.org/0009-0005-3092-5295>

Annotation. The article discusses the issues of confronting cyber threats at digital substations, describes the main ways in which vulnerabilities are exploited by attackers. Measures are proposed to reduce the risks of possible cyber attacks.

Keywords: digital substation, cybersecurity, information technology, IEC 61850.

For citation: Trushkin V.A. Cybersecurity issues at digital substations / V.A. Trushkin, D.S. Kukin, A.V. Trushkina // Actual problems of energy in the agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. S.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Цифровые подстанции являются важнейшим компонентом современной энергосистемы. Они помогают повысить эффективность и надежность распределения электроэнергии, а также обеспечивают лучший контроль над сетью. Однако с ростом цифровизации в энергетическом секторе кибербезопасность стала серьезной проблемой для этих подстанций.

Решения в области информационных технологий используются для обеспечения простого сбора данных, удаленного управления и мониторинга энергетической инфраструктуры. Для реализации всех этих функций используется протокол МЭК 61850 – это главный стандарт цифровизации подстанций, который произвел изменения в способах проектирования, настройки и функционирования оборудования [2].

Несмотря на многие преимущества стандарта МЭК 61850 повышенная сложность взаимосвязей подвергают их широкому спектру угроз кибербезопасности. Эти угрозы являются внешними (хакеры или террористы) и внутренними (например, операторы подстанции или обслуживающий персонал). На практике злоумышленники могут использовать уязвимости для запуска таких атак, как прослушивание, поддельные контрольные и измерительные сообщения, отказ в обслуживании. Что ставит под угрозу часть или всю энергосистему и может привести к остановке промышленных или муниципальных объектов.

Многие сетевые протоколы цифровых подстанций не охватывают аспекты кибербезопасности, и большинство устройств подстанции (называемых интеллектуальными электронными устройствами) предназначены для выполнения определенных функций, без встроенных механизмов защиты. Поэтому развертывание систем обнаружения вторжений для проявления как

традиционных угроз, унаследованных от информационных технологий и сетевых протоколов, так и специализированных атак, нацеленных на протоколы МЭК 61850, стало необходимым.

Материалы и методы. Понимание потенциальных уязвимостей имеет решающее значение для разработки подходящих мер безопасности и механизмов обнаружения вторжений для защиты подстанции. Как только злоумышленник получает доступ к сетям подстанции, физической защиты подстанции уже недостаточно для защиты инфраструктуры от потенциального вреда, что позволяет злоумышленникам нанести катастрофический ущерб.

У злоумышленника есть 9 основных потенциальных способов использования уязвимостей, для нанесения ущерба и нарушения работы компонентов энергосистемы: 1) компрометация пользовательского интерфейса; 2) прерывание процесса синхронизации времени; 3) компрометация коммуникационной шины подстанции; 4) получение доступа к устройствам уровня присоединения; 5) изменение настроек защитных устройств; 6) захват и изменение сообщений GOOSE; 7) компрометация коммуникационной шины процесса; 8) размещение поддельных значений в сообщениях SV; 9) компрометация брандмауэра для получения доступа к сети подстанции [1].

В случае электрических подстанций злоумышленники в основном нацелены на управление интеллектуальными устройствами, чтобы нарушить их нормальную работу и повлиять на потребителей. В зависимости от механизма защиты подстанции злоумышленник может воздействовать на выключатели, разъединители, короткозамкватели, ввести ложные данные для оценки состояния мощности, использовать систему учета и т.д. Это делается путем изменения пакетов связи от ИЭУ или конфигурации устройств путем изменения файлов GOOSE или SV. Эта ситуация, если ее вовремя не устранить, может привести к каскадным сбоям системы или даже отключению электроэнергии в случае скоординированных атак.

Согласно анализу уязвимостей, проведенному группой Industrial Control Systems – Cyber Emergency Response Team (ICS-CERT) [3], недостатки аутентификации были наиболее распространенным типом уязвимости, за ними следовали жестко запрограммированные учетные данные и слабые ключи аутентификации. Три обязательными требованиями безопасности для защиты сети являются доступность, целостность и конфиденциальность. Доступность означает полный контроль и доступ к системе всякий раз, когда это необходимо. Целостность – это способность защитить информацию от злонамеренных или даже непреднамеренных изменений. Конфиденциальность заключается в том, чтобы не допустить раскрытия несанкционированной информации. Если в сети эти три основные функции безопасности реализованы с соответствующими компромиссами относительно ограничений рассматриваемой системы, то это считается надежная система противодействия кибератакам. Предпочтительный порядок требований безопасности зависит от контекста. В энергосистемах первостепенное значение имеет доступность, за которой следуют целостность и конфиденциальность, в отличие от ИТ-сетей, где на первом месте стоит конфиденциальность, а затем целостность и

доступность. Более того, некоторые представители отрасли высказали мнение, что целостность должна заменить доступность в качестве основной цели АСУ ТП [5]. Обоснование этого утверждения основано на том факте, что безопасность в АСУ ТП не может быть гарантирована без целостности, и, следовательно, обеспечение непрерывности операций без контроля параметров поставки может полностью свести на нет цель.

Результаты исследования. Существует несколько мер, которые можно предпринять для снижения рисков кибератак на цифровые подстанции. К ним относятся [4]:

1. Сегментация сети: Сегментация сети включает в себя разделение сети подстанции на более мелкие изолированные сети. Это может помочь ограничить распространение вредоносных программ и предотвратить доступ злоумышленников к критически важным системам.

2. Контроль доступа: Контроль доступа включает в себя ограничение доступа к сети подстанции только авторизованным персоналом. Это может помочь предотвратить несанкционированный доступ и внутренние угрозы.

3. Шифрование: Шифрование включает в себя кодирование данных таким образом, чтобы их могли прочитать только авторизованные стороны. Это может помочь предотвратить кражу данных и обеспечить целостность данных.

4. Системы обнаружения и предотвращения вторжений: Системы обнаружения и предотвращения вторжений (IDPS) могут помочь в обнаружении и предотвращении кибератак. IDPS может отслеживать сеть подстанции на предмет подозрительной активности и предупреждать персонал службы безопасности в случае обнаружения атаки.

5. Обучение сотрудников: Обучение сотрудников является важным компонентом любой стратегии кибербезопасности. Сотрудники должны знать о рисках кибератак и способах их предотвращения. Обучение должно включать рекомендации по управлению паролями, безопасности электронной почты и безопасному использованию USB-накопителей.



Рисунок 1 – Основные меры безопасности

Также переменные состояния и параметры энергосистемы могут прогнозироваться с приемлемой точностью с использованием современных гибридных алгоритмов, таких как модели ННТ-SVM и ННТ-ANN, основанные на гибридном преобразовании Гильберта, методе опорных векторов и нейронных сетях. Прогнозируемые значения основаны на исторических данных

о работе системы и могут стать решающим фактором в случае кибератак. Поскольку кибератаки имеют тенденцию изменять переменные состояния или системные параметры в случае инъекционных атак, следовательно, матрица прогнозирования может генерировать предупреждения о таких отклонениях, которые могут быть установлены операторами.

Сбор информации или мониторинг процессов на подстанции в режиме реального времени является ключом к предотвращению ожидаемых кибератак в будущем. Успешное прерывание пути обучения злоумышленника может предотвратить его вредоносные действия в системе. Более того, идентифицируя и защищая несколько критических путей, шин и компонентов на подстанции, можно свести уровень воздействия к минимуму в случае неизбежной кибератаки.

Заключение. Стандарт МЭК-61850 предоставил множество преимуществ для систем цифровизации подстанций, включая взаимосвязь разнородных устройств с помощью новых протоколов и функций. С другой стороны, расширение возможностей подключения цифровых подстанций подвергло их широкому спектру угроз кибербезопасности, которые могут привести к катастрофическим последствиям. Поэтому внедрение защитных мер жизненно важно для защиты цифровых подстанций.

Список источников

1. Левшин, П. В., Шурдов, М. А. Кибербезопасная цифровая подстанция [Текст] / П. В. Левшин, М. А. Шурдов // Электроэнергия . – 2018. – № 4. – С. 24-26.
2. Трушкин, В. А., Шлюпиков, С. В., Кукин, Д. С., Трушкина, А. В. Концепция развития цифровой электроэнергетики в РФ / В. А. Трушкин, С. В. Шлюпиков, Д. С. Кукин, А. В. Трушкина [Текст] // Актуальные проблемы энергетики АПК. – Саратов:ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2022. – С. 165-168.
3. Клиен А. Обнаружение кибервторжений на цифровых подстанциях / Клиен А. [Электронный ресурс] // Eleexpo : [сайт]. – URL: <https://eleexpo.com/i-section/article/item/323-detection-of-cyber-intrusions> (дата обращения: 18.04.2023).
4. СТО 56947007-29.240.10.299-2020 Цифровая подстанция. Методические указания по проектированию ЦПС: стандарт организации / ПАО «ФСК ЕЭС». – 2020. – 125 с.
5. Орехов Э.А. Развитие цифровых подстанций [Текст] / Э.А. Орехов, Ю.В. Абрамов // Энергоэксперт – 2020. – №3. – С.72-74.

© Трушкин В.А., Кукин Д.С., Трушкина А.В., 2023

Научная статья
УДК 638.14.075

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ УЛЬЕВ «УМНАЯ ПАСЕКА»

Чернова Елена Николаевна¹, Ищенко Антон Павлович², Голубев Никита Олегович³

^{1,2} Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

³ Финансово-технологический колледж ФГБОУ ВО Вавиловский университет, г. Саратов, Россия

¹ elena-chernova-67@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0003-5980-0870>

² Familienname@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3188-8199>

³ Nikittos2004@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-5980-0877>

Аннотация. В статье приводится разработка системы мониторинга состояния ульев на стационарных или передвижных пасеках. Мониторинг улья происходит по основным параметрам: вес улья, температура внутри улья, влажность и частота звука. Комплексный подход контроля этих параметров позволяет снизить смертность пчел, вовремя узнавать роение улья, контролировать привес меда и т.д. Также сбор практических данных позволит провести теоретические исследования.

Ключевые слова: пчеловодство, мед, пасека, цифровизация и компьютеризация, датчики, автоматизация, сбор данных, весовой контроль ульев.

Для цитирования: Чернова Е.Н. Разработка системы контроля и мониторинга состояния ульев «Умная пасека» / Е.Н. Чернова, А.П. Ищенко, Н.О. Голубев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

DEVELOPMENT OF A SYSTEM OF CONTROL AND MONITORING OF THE STATE OF THE HIVES «SMART BEE-GARDEN»

Chernova Elena Nikolaevna¹, Anton Pavlovich Ishchenko², Golubev Nikita Olegovich³

^{1,2} Saratov State Agrarian University N. I. Vavilova, Saratov, Russia

³ College of Finance and Technology Saratov State Agrarian University N. I. Vavilova, Saratov, Russia

¹ elena-chernova-67@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0003-5980-0870>

² Familienname@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3188-8199>

³ Nikittos2004@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-5980-0877>

Annotation. The article presents the development of a system for monitoring the state of hives in stationary or mobile apiaries. The monitoring of the hive takes place according to the main parameters: the weight of the hive, the temperature inside the

hive, the humidity and the frequency of the sound. An integrated approach to control these parameters allows to reduce the mortality of bees, to recognize the swarming of the hive in time, to control the gain of honey, etc. Also, the collection of practical data will allow for theoretical research.

Keywords: beekeeping, honey, apiary, digitalization and computerization, sensors, automation, data collection, weight control of hives.

For citation: Chernova E.N. Development of a system of control and monitoring of the state of the hives «Smart bee-garden» / E.N. Chernova, A.P. Ishchenko, N.O. Golubev // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. С.М. Bakirova - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Пчеловодство - древнейшая отрасль сельского хозяйства и представляет собой разведение пчел, для получения от них меда, воска и других продуктов. Пчеловодством занимаются на всех континентах. В России пчеловодство распространено издревле и почти повсеместно.

Важность пчеловодства в сельском хозяйстве, определяется не только тем, что пчеловодство служит источником необычных продуктов, но и той большой ролью, которую пчелы играют как опылители растений. Установлено, что от опыления пчелами растительных культур существенно влияет на прибавку в урожае.

В 2021 году в России было произведено порядка 64 225 тонн меда. Лидерами по производству меда стали Краснодарский (3495 т) и Алтайский края (4481 т), Башкирия (5850 т), Татарстан (4489 т) [1]. Данные сборы меда показывают, что в России есть спрос на продукцию пчеловодства и есть возможность для увеличения производства. Одним из способов повысить качество и объем собираемого меда – это технологическое улучшение пасеки с внедрением различных датчиков.

Материалы и методы. Все ближе и ближе человечество движется по пути цифровизация и компьютеризации – пчеловодство не исключение. Пасечник физически не в состоянии запомнить и сделать многие дела связанные с пчёлами сразу, тем более вести ежедневную статистику, связанную с жизнедеятельностью пчёл. В этом ему могут помочь автоматические программы, ведущие статистические данные и дающие сигнал, когда появляются неполадки и проблемы в жизни пчёл. Есть возможность сохранять эту информацию, более тщательно её изучать и сравнивать с другими данными. Чтобы пасечнику узнать о состоянии пчел, ему надо разбирать гнёзда, беспокоить семью, нарушать микроклимат. На большой пасеке такой труд производится выборочно, а значит, информации недостаточно. Применение компьютеров и специальных датчиков и статистико-аналитических программ улучшат работу за жизнедеятельностью пчел[2,3].

Результаты исследования. С каждого улья пасеки планируется получать различные данные от установленных датчиков (рисунок 1), а также добавлять к ним данные о медоносных растениях, данные GPS и т.д. По собранным данным можно будет выполнять различные анализы и зависимости параметров друг от

друга. Самое главное их использование будет в машинном обучении для выполнения прогноза о состоянии здоровья пчел и количестве собранного меда.



Рисунок 1 – Данные получаемые от датчиков в улье и пасеки

Система «умная пасека» будет собирать данные от установленных датчиков в самом улье (датчик температуры, акустический датчик, датчик влажности и датчик массы) и несколько внешних датчиков для получения данных о состоянии окружающей среды (температура и влажность). Данные от них будут анализировать в микроконтроллере ESP32 или ATmega32 и передаваться на компьютер, установленный в передвижном вагоне пасеки.

Также на пасеку будет добавлена охранная система с фиксацией периметра охранной зоной и будет оповещать при нарушении периметра (рисунок 2).

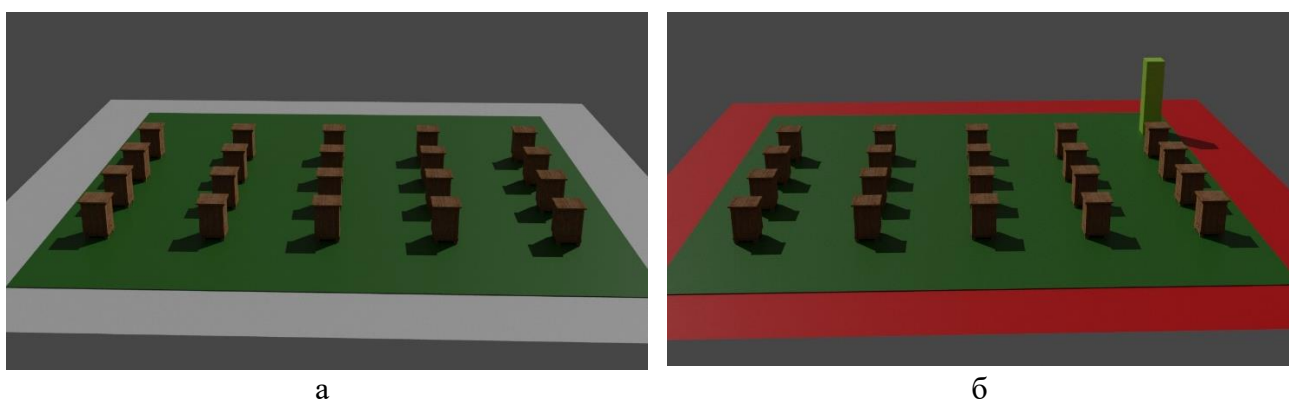


Рисунок 2 – Охранный периметр пасеки: а) режим охраны, б) при обнаружении постороннего объекта

Контроль периметра осуществляется IP камерой, которой задается зона контроля в зависимости от расположения ульев на пасеке. При обнаружении посторонних на территории, то смс и видео передается на телефон.

Работа системы мониторинга должна быть без перерывов и аварий. Поэтому используются качественные комплектующие в определении

температуры, влажности, веса, акустики. Рассмотрим данные элементы подробнее.

В качестве датчика температуры и влажности внутри улья используется Xiaomi Miija 2. Данный датчик получает питание от батареи напряжением 3 В и рассчитан на 1 год автономной работы. Диапазон измерений: 0°C-60°C; 0% — 99%RH. Шаг измерений: 0.1°C; 1%RH. Объем хранимых данных: за 3 месяца, пример вывода информации в виде графика представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – График измерения температуры и влажности

При измерении веса применяются тензодатчики давления, которые помогают преобразовать уровень деформации в электрические сигналы (рисунок 4). Весовые датчики не боятся умеренной влажности и их можно использовать без дополнительной защиты. Платформа выполнена в виде центрального влагозащищенного блока и 4 датчиков веса, для соединения с основным блоком пасечных весов предусмотрен кабель с герметичным разъемом Ethernet для подключения к компьютеру или прибору. Максимальный вес 200 кг и диапазон температур от 0 °C до +35 °C. Полученные данные изменения веса можно также представить в виде графика (рисунок 5).

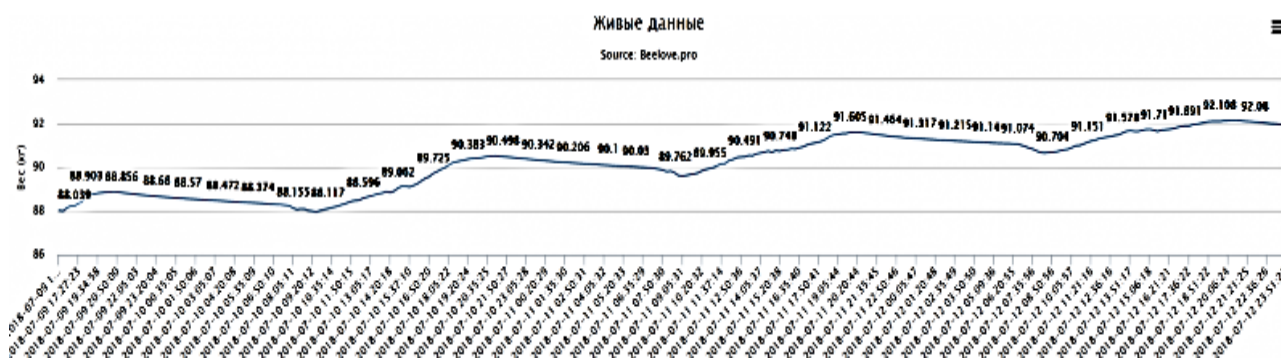


Рисунок 4 – График веса контроле ульев

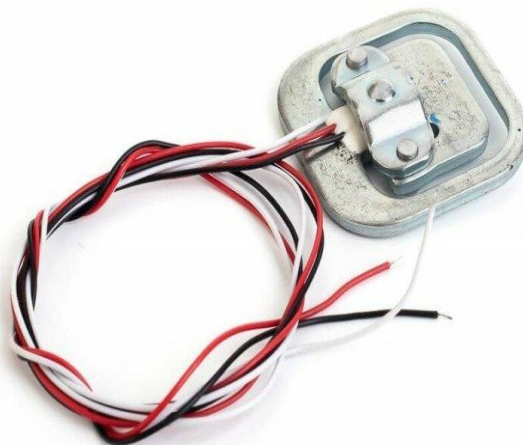


Рисунок 5 – Тензодатчики применяемые в весовом контроле ульев

В качестве датчика акустического контроля за состоянием улья на экспериментальных ульях применяется отдельное устройство, а в дальнейшем предлагается оставить только датчики и перенести функции остальных элементов на компьютер. Устройство осуществляет вычисление усреднённого спектра акустического сигнала в диапазоне частот 200-400 Гц. Полученный спектр сравнивается с образцами спектров на выделенных частотах 225, 265, 290, 300, 325, и 365 Гц. В частотном диапазоне 200-400 Гц находится наиболее информативная часть спектра генерируемого пчелиной семьёй акустического сигнала [2,3].

- Новая матка принимается в улье – высокие интенсивные составляющие в диапазоне частот 165-200 Гц
- Матка не принимается - высокие интенсивные составляющие в диапазоне частот 330-440 Гц.
- Предроевое (роевое) состояние – высокие интенсивные составляющие на частотах 210-240 Гц.

Также необходимо будет расширить работу системы регистрации и обработки полученных данных от всех систем.

Сейчас на территории России малое количество автоматизированных и «умных пасек», большая часть пасек работает по старым методам и при сборе меда не используют электрифицированные машины. Поэтому пасеки необходимо автоматизировать и внедрять новые технологии, чтобы увеличивать КПД производства и увеличить качество продукции.

Заключение. В заключении можно сделать следующие выводы:

- Использование различных датчиков на пасеке позволит быстрее реагировать на изменение поведения пчел. Вовремя проводить подкормку пчел, следить за состоянием поильных устройств и контролировать набор меда.
- Также предотвращать размножение клещей в улье, при контроле его внутренней среды.
- Уменьшить трудозатраты на обслуживание улья.

- Полученные данные использовать для прогнозирования будущих сборов меда.

Список источников

1. Россельхозбанк: Алтайский край в лидерах по производству меда [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://altapress.ru/ekonomika/story/rosselhozbank-altayskiy-kray-v-liderah-po-proizvodstvu-meda-312338>
2. Мухаметзянов Э.В. Автоматизированная система мониторинга и анализа состояния ульев на пасеке / Э.В. Мухаметзянов., А.С. Родионов // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2017. №3.
3. Белозеров А. А. Разведение пчел при нерегулярном посещении пасеки / А. А. Белозеров // Пчеловодство. – 2012. – № 10. – С. 10–11.
4. Снежневский П. К вопросу о расстановке ульев на пасеке / П. Снежневский // Пасека России. – 2012. – № 1. – С. 7.
5. Пономарев В. Ю. Подготовка семей к зиме / В. Ю. Пономарев // Пчеловодство. – 2011. – № 9. – С. 34–36.
6. Руководство по эксплуатации и паспорт «Весоконтрольное устройство» [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://bees.team/index.php/Документация>

© Чернова Е.Н., Ищенко А.П., Голубев Н.О., 2023

Научная статья

УДК 620.92

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ НА РЕКАХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Оксана Николаевна Чурляева¹, Роман Олегович Кухарчук², Роман Константинович Степанов³

^{1,2,3}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹oksana.churlyayeva@mail.ru [https://orcid 0009-0003-7472-0465](https://orcid.org/0009-0003-7472-0465)

²11several11@gmail.com

³roman.zid50@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы развития малой гидроэнергетики, оценен гидропотенциал и определены условия правильной организации и эксплуатации мини-ГЭС на реках Среднего Поволжья.

Ключевые слова: малая гидроэнергетика, мини-ГЭС, гидропотенциал, возобновляемый источник энергии, альтернативная энергетика.

Для цитирования: Чурляева О.Н. Перспективы развития малой гидроэнергетики на реках Среднего Поволжья / О.Н. Чурляева, Р.О. Кухарчук, Р.К. Степанов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF SMALL HYDROPOWER ON THE RIVERS OF THE MIDDLE VOLGA REGION

Oksana Nikolaevna Churlyayeva¹, Roman Olegovich Kukharchuk², Roman Konstantinovich Stepanov³

^{1,2,3}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹oksana.churlyayeva@mail.ru [https://orcid 0009-0003-7472-0465](https://orcid.org/0009-0003-7472-0465)

²11several11@gmail.com

³roman.zid50@mail.ru

Annotation. The article examines the prospects for the development of small hydropower, evaluates the hydropotential and defines the conditions for the proper organization and operation of mini-hydroelectric power station on the rivers of the Middle Volga region.

Keywords: small hydropower, mini-HPS, hydro potential, renewable energy source, alternative energy.

For citation: Churlyayeva O.N. Prospects for the development of small hydropower

on the rivers of the Middle Volga region / O.N. Churlyayeva, R.O. Kukharchuk, R.K. Stepanov // Actual Problems of Energy Agro-industrial complex: Materials of the XIV National Conference with International Participation / Ed. S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Мини-гидроэлектростанции (мини-ГЭС) представляют собой небольшие электростанции, которые используют потоки воды на малых реках для производства электроэнергии. В последние годы использование мини-ГЭС стало все более актуальным в различных регионах мира, включая Среднее Поволжье. Гидроэлектростанции малой мощности обладают целым рядом преимуществ:

1. Экологическая устойчивость: Мини-ГЭС имеют небольшой гидрообъем и накопление воды, что позволяет уменьшить негативное влияние на речные экосистемы. Они не препятствуют естественному движению рыбы и не изменяют гидрологический режим реки в значительной степени. При правильной организации и эксплуатации мини-ГЭС можно снизить негативное воздействие на окружающую среду и сохранить биологическое разнообразие.

2. Развитие региональной инфраструктуры: Установка мини-ГЭС на малых реках среднего Поволжья способствует развитию инфраструктуры в данном регионе. Это включает строительство дорог, линий электропередачи и других инженерных сооружений, что может способствовать экономическому росту и улучшению качества жизни местного населения.

3. Децентрализованное энергоснабжение: Мини-ГЭС могут быть эффективным решением для обеспечения электроэнергией удаленных и малонаселенных районов. Они позволяют снизить зависимость от централизованных энергосистем и линий электропередачи, что особенно актуально для регионов с недостаточной развитой инфраструктурой.

4. Возобновляемый источник энергии: Гидроэнергия является возобновляемым источником энергии, который основан на использовании потенциальной энергии воды. Мини-ГЭС на малых реках предлагают возможность использовать этот ресурс, особенно в регионах, где другие источники энергии могут быть ограничены или отсутствуют.

5. Экономическая эффективность: Мини-ГЭС имеют относительно низкие затраты на строительство и эксплуатацию по сравнению с крупными ГЭС. Они могут быть экономически выгодными, особенно если существует спрос на электроэнергию вблизи источника. Мини-ГЭС также могут стать источником дохода для местных сообществ через продажу электроэнергии.

6. Диверсификация энергетической системы: Мини-ГЭС позволяют диверсифицировать энергетическую систему региона. Использование различных источников энергии, включая гидроэнергию, помогает снизить зависимость от единственного источника и повысить надежность энергоснабжения. Это особенно важно для отдаленных и малонаселенных районов, где подключение к централизованным энергетическим системам может быть сложным или дорогостоящим.

Материалы и методы. Региональные особенности Среднего Поволжья должны быть учтены при сравнении технологий. Это включает климатические условия, особенности рельефа и геологии, экологические аспекты и требования к водоохранным мероприятиям.

В целом, для обоснования параметров мини-ГЭС на малых реках Среднего Поволжья необходимо провести тщательное исследование и оценку реки, рассмотреть различные технологии, их эффективность, надежность, стоимость и применимость к местным условиям. Только после этого можно сделать обоснованный выбор в пользу определенной технологии для конкретного проекта мини-ГЭС.

Результаты исследования. В нашей стране малые реки формируют около половины суммарного объема речного стока России, объем речного стока для малых рек представлен на рисунке 1. Около 90% малых населенных пунктов и фермерских хозяйств Среднего Поволжья расположено на территории их водосбора. В связи с этим необходимо использовать их потенциал для водо- и энергоснабжения автономных и фермерских хозяйств, с применением малых гидроэлектростанций.

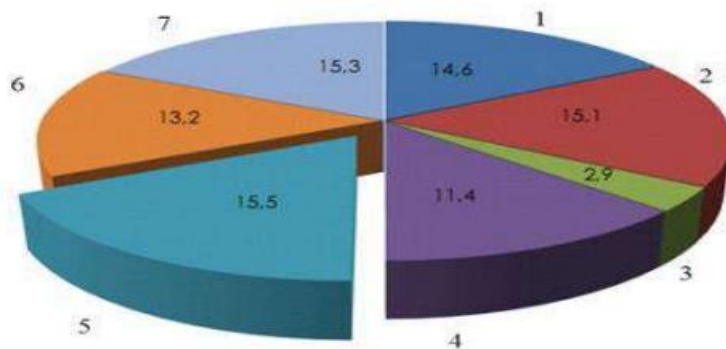


Рисунок 1 – Диаграмма потенциала регионов для ГЭС: 1 – Дальне - Восточный; 2 – Северо-Западный; 3 – Центральный; 4 – Приволжский; 5 – Южный; 6 – Уральский; 7 – Сибирский

В контексте малых рек Среднего Поволжья, обоснование параметров мини-ГЭС включает несколько ключевых понятий.

Потенциал реки: Определение потенциала реки включает измерение её среднего расхода воды, рельефа местности, наличия водопадов или порогов, а также исследование гидрологических данных. Эти параметры помогают оценить возможность использования реки для генерации электроэнергии.

Мощность: Определение мощности мини-ГЭС основывается на расчетах потенциальной энергии воды, которую можно преобразовать в электрическую энергию. Мощность зависит от расхода воды и высоты падения (разницы уровней между водными накопителями).

Размеры и конфигурация: Мини-ГЭС предназначены для установки на небольших реках, поэтому их параметры должны быть соответствующими. Размеры машинного зала, турбин и другого оборудования должны быть оптимизированы для определенных условий и требований.

Обзор решений включает ознакомление с различными технологиями, используемыми для создания мини-ГЭС. Существуют как отечественные, так и

передовые зарубежные технологии, которые могут быть применимы для малых рек Среднего Поволжья.

Заключение. Учитывая эти факторы, использование мини-ГЭС на малых реках среднего Поволжья представляется актуальным и перспективным решением для обеспечения энергетических потребностей региона, при соблюдении необходимых экологических и социальных требований.

Список источников

1. Полищук В.И. Общая энергетика: учебное пособие / В.И. Полещук, Ю.С. Боровиков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013 – 201 с.
2. Гончаров А.Н. Гидроэнергетическое оборудование гидроэлектростанций и его монтаж: учебник для гидроэнергетических и энергостроит. техникумов / А. Н. Гончаров. – М.: Энергия, 1967. – 312 с.
3. Смирнов И.Н. Гидравлические турбины и насосы. Учеб. пособие для энерг. и политехнич. вузов. – М.: «Высш. школа», 1969, 400 с.
4. Трушкин В.А. Исследование возможностей использования энергии приливов в Пенжинском заливе для выработки электроэнергии (научная статья на английском языке) // Трушкин В., Ахметшин Р., Пичугин П., Сахапова Ф., Евграфова О. / Понятная наука. ICCS 2020. Конспекты лекций по сетям и системам, том 186. Спрингер, Чам. С. 325-334
5. Малая гидроэнергетика России и в мире. Развитие малой гидроэнергетики // Дельта Эко: сайт [Электронный ресурс]. – URL: <https://delta-eco.ru/problemy/malaya-gidroenergetika-rossii-i-v-mire-razvitie-maloj-gidroenergetiki.html>

© Чурляева О.Н., Кухарчук Р.О., Степанов Р.К., 2023

Научная статья
УДК 621.31

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЗОНАХ ОТДЫХА ДЛЯ ЗАРЯДКИ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ЛОКАЛЬНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Максим Александрович Шепелев¹, Оксана Николаевна Чурляева², Владимир Александрович Трушкин³

^{1,2,3}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹maks@tyt.su <https://orcid.org/0009-0004-0748-5642>

²oksana.churlyayeva@mail.ru <https://orcid.org/0009-0003-7472-0465>

³v.a.trushkin@mail.ru <https://orcid.org/0009-0005-8677-0747>

Аннотация: В статье рассматривается возможность использования возобновляемых источников энергии в объектах инфраструктуры, распространенных в зонах отдыха. Производится выбор наиболее подходящего объекта для реализации возможности зарядки устройств пользователей в локального освещения в темное время суток.

Ключевые слова: зарядное устройство, возобновляемые источники энергии, зоны отдыха, локальное освещение, скамья, беседка, светильник наружного освещения.

Для цитирования: Шепелев М.А. Перспективы применения возобновляемых источников энергии в зонах отдыха для зарядки мобильных устройств и локального освещения / М.А. Шепелев, О.Н. Чурляева, В.А. Трушкин // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

PROSPECTS FOR THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN RECREATION AREAS FOR CHARGING MOBILE DEVICES AND LOCAL LIGHTING

Maxim Alexandrovich Shepelev¹, Oksana Nikolaevna Churlyayeva², Vladimir Alexandrovich Trushkin³

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹maks@tyt.su <https://orcid.org/0009-0004-0748-5642>

²oksana.churlyayeva@mail.ru <https://orcid.org/0009-0003-7472-0465>

³v.a.trushkin@mail.ru <https://orcid.org/0009-0005-8677-0747>

Annotation. The article discusses the possibility of using renewable energy sources in infrastructure facilities common in recreation areas. The most suitable object is selected to implement the possibility of charging users' devices in local lighting at night.

Keywords: charger, renewable energy sources, recreation areas, local lighting, bench, gazebo, outdoor lighting fixture.

For citation: Shepelev M.A. Prospects for the use of renewable energy sources in recreation areas for charging mobile devices and local lighting / M.A. Shepelev, O.N. Churlyayeva, V.A. Trushkin // Actual Problems of Energy Agro-industrial complex: Materials of the XIV National Conference with International Participation / Ed. S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. В современном мире из-за широкого распространения электроники у каждого человека с собой есть телефон или иное устройство, работающее от аккумулятора [5]. К сожалению, аккумуляторы портативных устройств недостаточно ёмкие и устройство может разрядиться в самый неподходящий момент. В связи с этим предлагается создание устройства для локального

освещения в темное время суток и зарядки мобильных устройств пользователей. Были рассмотрены несколько вариантов объектов инфраструктуры зон отдыха на базе которых возможна реализация заявленных требований и выбран наиболее подходящий вариант для реализации. Предполагается, что после реализации и распространения данных объектов в зонах отдыха, снизится уровень стресса среди населения, за счет исключения мыслей о разряженном телефоне [2]. Кроме того, в конструкции объекта инфраструктуры должны быть размещены светодиодные светильники для локального освещения в темное время суток, что создаст дополнительный комфорт пользователям [3]. Энергия для зарядки устройств пользователей и наружного освещения будет экологически чистой, получаемой за счет возобновляемых источников энергии.

Материалы и методы. Для реализации необходимых задач были рассмотрены несколько вариантов объектов инфраструктуры зон отдыха, теоретически подходящих для реализации требуемых задач, такие как: скамья, беседка и светильник наружного освещения. Для получения электроэнергии было решено использовать источники солнечной и ветроэнергии. В качестве ветроэнергетической установки (ВЭУ) предлагается ветрогенератор с ротором Савониуса, как наиболее эффективный при слабой ветровой нагрузке [1]. Совместно с ним, в качестве фотоэнергетической установки (ФЭУ) будут использованы гибкие солнечные панели. Для локального освещения было решено использовать светодиодные светильники. Для возможного размещения зарядного устройства рассматривались следующие конструкции архитектурных форм объектов зон отдыха: скамья, беседка и светильник наружного освещения (рисунок 1).

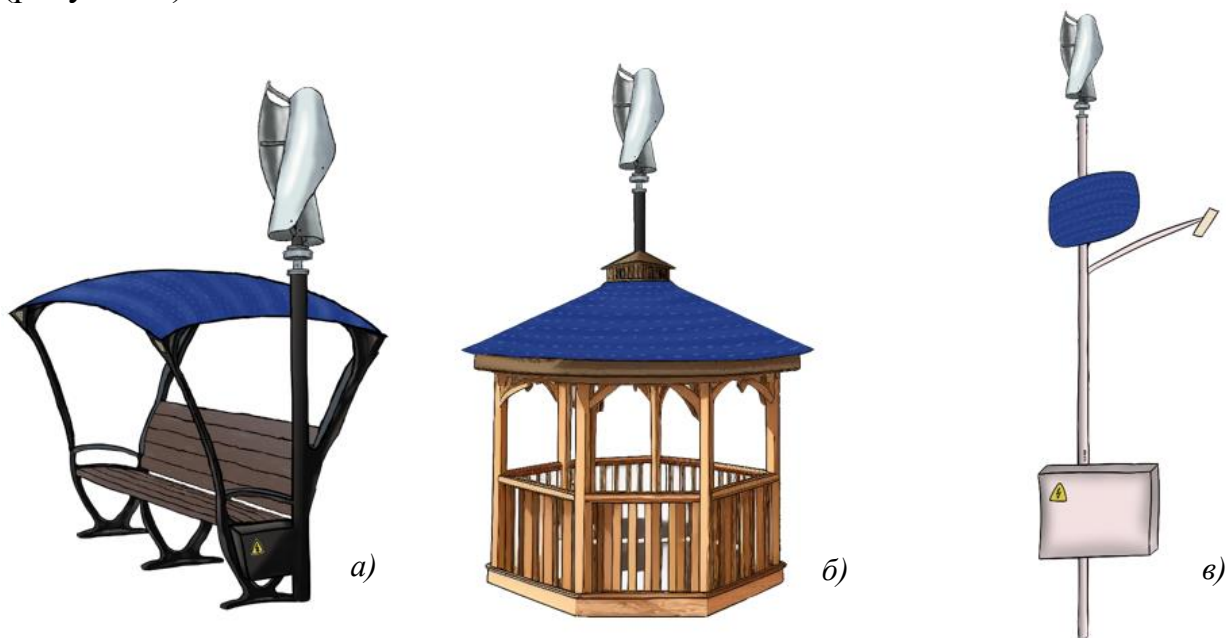


Рисунок 1 – Предлагаемые конструкции объектов зон отдыха: а) Скамья; б) Беседка; в) Светильник наружного освещения

При более подробном рассмотрении объектов можно выделить недостатки среди некоторых из них. Светильник наружного освещения не имеет

возможности укрыть устройство пользователя от дождя в случае плохой погоды, а также отсутствует возможность удобно проводить время при ожидании зарядки мобильного устройства. Из-за большой разницы в конструкциях скамеек отсутствует возможность создания универсальной схемы расположения всех элементов. При наиболее универсальном расположении планировалось разместить USB разъемы для зарядки устройств в опорах беседки, что не позволит удобно проводить время используя мобильное устройство во время зарядки.

Результаты исследования. В связи с недостатками некоторых объектов было решено использовать скамью, как наиболее подходящий вариант для реализации требуемых задач. Конструкция скамьи изображена на рисунке 2. В верхней части будет использоваться солнечная панель (2) для выработки энергии в светлое время суток. Выше солнечной панели будет располагаться ветрогенератор с ротором Савониуса (1), для выработки энергии при наличии ветра. Также в конструкции предусмотрен аккумуляторный отсек (6) для сохранения энергии и возможности использовать весь функционал в темное время суток [7]. В опорах крепления для солнечных батарей (4) должны располагаться светодиодные светильники (3) для локального освещения в темное время суток. USB разъемы для зарядки (5) будут располагаться в ручках скамейки во внутренней части.

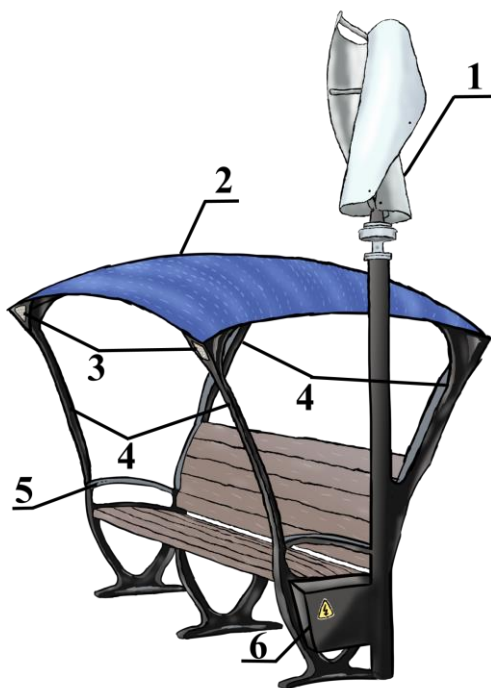


Рисунок 2 – Предлагаемая конструкция скамьи: 1) Ротор Савониуса, 2) Солнечная батарея, 3) Светодиодные светильники, 4) Опоры солнечной батареи, 5) USB разъемы для зарядки, 6) Аккумуляторный отсек.

Предполагается, что скамьи будут размещаться в лесопарковых зонах, на набережных, а также на пешеходных улицах городов. За счет популярности данных территорий [4] предложенное устройство будет востребовано в качестве источника электрической энергии для зарядки мобильных устройств, а также обеспечит локальное освещение в темное время суток без необходимости

дополнительных затрат. Кроме того, солнечная панель будет полностью закрывать поверхность скамьи, что позволит укрыться от дождя. Предполагается, что для использования необходимо будет только кабель зарядки USB – разъем пользователя, который необходимо будет подключить в один из USB-разъемов, расположенных во внутренней части ручки скамьи и подключить устройство для зарядки. Также из плюсов можно выделить экологичность энергии при использовании скамьи для зарядки мобильных устройств и локального освещения, так как энергия будет вырабатываться за счет возобновляемых природных ресурсов, таких как солнечный свет и ветер [6]. Что делает использование данных скамеек полностью безопасным для природы, в случае установки в лесопарковых зонах города. Затраты, в случае использования скамейки, будут только на приобретение и установку.

Заключение. Предложенная конструкция скамьи отвечает всем заявленным требованиям, имеется локальное освещение за счет светодиодных светильников, электроэнергия получается за счет возобновляемых источников: солнечное излучение и ветер. Присутствует возможность зарядки устройств в темное время суток даже в отсутствии ветра, за счет аккумуляторов, расположенных в аккумуляторном отсеке. Кроме того, теоретически возможно модифицировать любую существующую скамью в соответствии с предложенной конструкцией для установки предложенных компонентов.

Список источников

1. Пашегоров Д.С. Анализ эффективности современных ветрогенераторов / Д.Е. Пашегоров, А.С. Ижевский // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции / Под общ. ред. Трушкина В.А. Саратов. 2018. С. 165-166.
2. Исследование HONOR: 53% россиян испытывают стресс от разряженного смартфона // Комсомольская правда: сайт. Режим доступа: <https://www.kp.ru/daily/21712087.5/4321170/> (Дата обращения 20.04.2023)
3. Мероприятия по безопасному производству работ темное время суток и неблагоприятных условиях // Моя библиотека: сайт. Режим доступа: <https://mybiblioteka.su/6-152966.html> (Дата обращения 20.04.2023)
4. Социологическое исследование жителей по общественным пространствам города // СканМаркет: сайт. Режим доступа: <https://scanmarket.ru/markets-detail/issledovanie-dlya-blagoustroystva-parka> (Дата обращения 20.04.2023)
5. М.С. Ивченкова Роль мобильных телефонов в повседневной жизни молодежи (по результатам социологического исследования) // Материалы научно-практической конференции Дыльновские чтения «Социальные инновации в жизни россиян: тенденции и парадоксы». Саратов: Изд-во «Саратовский источник», 2018. С. 310-314
6. Олешкевич М.М. Нетрадиционные источники энергии: Учебно-методическое пособие для студентов высших учебных заведений специальности «Электроснабжение» в 2 частях. (Часть 1). Мн.: БНТУ 2007. 53с.
7. Трушкин В.А. Математическая модель устройства заряда аккумуляторной батареи от возобновляемых источников энергии / В.А. Трушкин, О.Н. Чурляева,

А.В. Иванов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VIII международной научно-практической конференции / Под общ. ред. Трушкина В.А. Саратов. 2017. С. 248-255.

© Шепелев М.А., Чурляева О.Н., Трушкин В.А., 2023

Научная статья
УДК 621.31

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМЫХ ТРЕБОВАНИЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЗАРЯДНОЙ СТАНЦИИ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ В ЗОНАХ ОТДЫХА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Максим Александрович Шепелев¹, Оксана Николаевна Чурляева²

^{1,2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹maks@tyt.su <https://orcid.org/0009-0004-0748-5642>

²oksana.churlyayeva@mail.ru <https://orcid.org/0009-0003-7472-0465>

Аннотация. В статье рассматриваются необходимые функциональные возможности для зарядки мобильных устройств пользователей и требования, которые должны соблюдаться в зарядной станции мобильных устройств для размещения в зонах отдыха.

Ключевые слова: зарядка, зеленая энергия, зоны отдыха, локальное освещение, быстрая зарядка.

Для цитирования: Шепелев М.А. Определение необходимых требований и функциональных возможностей зарядной станции мобильных устройств для размещения в зонах отдыха с использованием возобновляемых источников энергии / М.А. Шепелев, О.Н. Чурляева // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

DETERMINATION OF THE NECESSARY REQUIREMENTS AND FUNCTIONALITY OF THE CHARGING STATION OF MOBILE DEVICES FOR PLACEMENT IN RECREATION AREAS USING RENEWABLE ENERGY SOURCES

Maxim Alexandrovich Shepelev¹, Oksana Nikolaevna Churlyayeva²

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹maks@tyt.su <https://orcid.org/0009-0004-0748-5642>

²oksana.churlyayeva@mail.ru <https://orcid.org/0009-0003-7472-0465>

Annotation. The article discusses the necessary functionality for charging users' mobile devices and the requirements that must be met in the charging station of mobile devices for placement in recreation areas.

Keywords: charging, green energy, recreation areas, local lighting, fast charging.

For citation: Shepelev M.A. Determination of the necessary requirements and functionality of the charging station of mobile devices for placement in recreation areas using renewable energy sources / M.A. Shepelev, O.N. Churlyayeva // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the XIV National Conference with international participation / Ed. C.M. Bakirov -Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. За счет распространенности портативных устройств в современном мире у каждого человека с собой могут быть сразу несколько устройств, работающих от аккумулятора [1]. В большинстве случаев это: одно основное устройство – смартфон и какое-либо дополнительное устройство, например колонка, беспроводные наушники или иное устройство. Во всех современных смартфонах используется быстрая зарядка, в связи с этим рассматриваются наиболее популярные стандарты и требования к зарядным устройствам.

Материалы и методы. Для зарядной станции естественными основным функционалом является соответственно возможность зарядки для мобильных устройств пользователей зарядной станции. Но кроме основного функционала, также, возможна и реализация дополнительных возможностей. В нашем случае, при разработке зарядной станции, полностью функционирующей за счет возобновляемых источников энергии, которые являются бесплатными и не вызовут избыточные затраты на использование дополнительного функционала, целесообразна реализация побочных возможностей, полезных для пользователей зарядной станции. В частности, наиболее полезным решением является реализация локального освещения в тёмное время суток для повышения удобства использования зарядной станции [2]. Но из-за того, что используемые возобновляемые источники энергии, используемые в зарядной станции, такие как: солнечный свет и ветер – являются не постоянными и выработка энергии может значительно меняться в течении суток требуется реализация аккумуляторного отсека с возможностью установки аккумуляторов, для обеспечения поддержания работоспособности зарядной станции в любое время суток, независимо от текущей выработки энергии [3]. Кроме этого, не менее мало важным фактором является поддержка быстрой зарядки, столько распространенной в современных смартфонах. Наиболее популярные стандарты для зарядки мобильных устройств работают по спецификации Power Delivery с некоторыми доработками для упрощения использования без наличия специализированного кабеля [4].

В связи с распространенностью быстрой зарядки в современных устройствах и наличием различных стандартов для реализации зарядки рассмотрим рейтинг самых распространенных производителей смартфонов на территории России [5]. Так же в рейтинг добавлены стандарты быстрой

зарядки, используемые производителем и мощность, используемую для зарядки мобильных устройств по соответствующему стандарту [6].

Таблица 1. – Рейтинг распространенности производителей смартфонов по России с указанием стандарта для быстрой зарядки и средней мощностью зарядного устройства по соответствующему стандарту

	Название производителя	Процент рынка	Название стандарта используемой быстрой зарядки	Средняя мощность зарядного устройства
1	Samsung	21%	Adaptive Fast Charging	18 Вт
2	Apple	17%	USB Power Delivery	18 Вт
3	Xiaomi	13%	Qualcomm Quick Charge	27 Вт
4	Оppo	9%	SuperVOOC Charge	20 Вт
5	Vivo	8%	SuperVOOC	20 Вт
6	Honor	5%	Huawei SuperCharge	36 Вт
7	Realme	5%	SuperVOOC	20 Вт
8	Motorola	4%	Motorola TurboPower	25 Вт
9	Tecno	3%	Qualcomm Quick Charge	27 Вт
10	Huawei	2%	Huawei SuperCharge	36 Вт
	Все остальные	12%	–	5 Вт

Как мы видим в таблице 1, самыми распространенными стандартами быстрой зарядки являются стандарты Adaptive Fast Charging от Samsung, Quick Charge от Qualcomm, USB Power Delivery от Apple и другие. В связи с этим зарядная станция должна поддерживать быструю зарядку в соответствии с наиболее распространенными спецификациями для удобства использования наибольшим количеством пользователей. Наиболее распространенная мощность современных зарядных устройств для зарядки – от 18 до 36 Вт с напряжением питания до 12 В и рабочим током до 3 А.

Результаты исследований. В связи с распространенностью различных устройств, работающих от аккумулятора в современное время, требуется реализация нескольких разъемов для зарядки портативных устройств каждого пользователя. Один из USB-разъемов для зарядки устройства пользователя должен иметь обязательную поддержку быстрой зарядки с наиболее распространенными характеристиками: мощность до 36 Вт, напряжение питания до 12 В, рабочий ток до 3 А. В качестве USB-портов для зарядки дополнительных портативных устройств пользователя предлагается размещение 2 разъемов на каждого потенциального пользователя с мощностью питания до 5 Вт, напряжением до 5В, силой тока до 1 А. Исходя из того, что зарядная станция рассчитывается на одновременное использование двумя пользователями будет размещено в общей сложности 6 USB-разъемов для зарядки портативных устройств. Из них 2 USB-разъема выделены цветом и имеют возможность быстрой зарядки с мощностью питания до 36 Вт.

Заключение. Для корректной работы зарядной станции, основанной на использовании возобновляемых источниках энергии обязательным требованием

будет установка аккумуляторных батарей для сохранения избыточно вырабатываемой энергии и последующим её использованием для поддержания работы основного и дополнительного функционала зарядной станции, вне зависимости от текущей выработки энергии. В качестве основного функционала зарядной станции реализуются 6 USB-разъемов для зарядки портативных устройств пользователей, из которых 2 USB-разъема выделяются особым цветом и способны осуществлять быструю зарядку устройств пользователя на мощности до 36 Вт. Для удобства использования зарядной станции в тёмное время суток целесообразно наличие в зарядной станции локального освещения, которое не вызовет избыточных затрат на поддержание работы.

Список источников

1. М.С. Ивченкова: Роль мобильных телефонов в повседневной жизни молодежи (по результатам социологического исследования) / Материалы научно-практической конференции Дыльновские чтения «Социальные инновации в жизни россиян: тенденции и парадоксы»: - Саратов: Изд-во «Саратовский источник», 2018. – с. 310-314
2. Мероприятия по безопасному производству работ темное время суток и неблагоприятных условиях // Моя библиотека. – URL: <https://mybiblioteka.su/6-152966.html> (дата обращения: 18.05.2023)
3. Какие требования предъявляются к аккумуляторам для солнечных батарей? // Информационный сайт об аккумуляторах. URL: <https://akbinfo.ru/alternativa/akkumuljatory-dlja-solnechnyh-batarej.html> (дата обращения: 18.05.2023)
4. Зарядка смартфонов: История, мифы, факты. // Хабр – URL: https://habr.com/ru/companies/anker_innovations/articles/524278/ (дата обращения: 18.05.2023)
5. Обновлён рейтинг самых популярных производителей смартфонов в мире // ferra.ru - Аналитические обзоры компьютеров и комплектующих, новости и цены компьютерного рынка. – URL: <https://www.ferra.ru/news/mobile/obnovlyon-reiting-samykh-populyarnyx-proizvoditelei-smartfonov-v-mire-29-07-2022.htm> (дата обращения: 18.05.2023)
6. Какие бывают быстрые зарядки для смартфонов // iPhones.ru — Новости высоких технологий, обзоры смартфонов, презентации Apple. – URL: https://www.iphones.ru/iNotes/fast_charge_iphone_and_others (дата обращения: 18.05.2023)
7. Трушкин В.А. Математическая модель устройства заряда аккумуляторной батареи от возобновляемых источников энергии / В.А. Трушкин, О.Н. Чурляева, А.В. Иванов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VIII международной научно-практической конференции / Под общ. ред. Трушкина В.А. Саратов. 2017. С. 248-255.

© Шепелев М.А., Чурляева О.Н., 2023

Научная статья
УДК 681.5

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИЁМЫ ОВЛАДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЕЙ РОБОТОТЕХНИКИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ВЫПУСКНИКОВ ПРОФИЛЯ «ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ» НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ «АГРОИНЖЕНЕРИЯ»

Эльмира Ибрагимовна Юрьева

Уральский государственный аграрный университет, г. Екатеринбург, Россия
yuryeva55@mail.ru

Аннотация. В статье приводятся примеры применения роботов в сельскохозяйственном производстве. На примере Уральского ГАУ рассмотрено какие дисциплины включены в учебный план для освоения студентами профессиональных компетенция, связанных с управлением роботизированных комплексов, используемых в сельскохозяйственном производстве.

Ключевые слова: агроинженерия, роботизированные системы, программирование, передвижной модуль

Для цитирования: Юрьева Э.И. Методические приёмы овладения технологией робототехники при подготовке выпускников профиля «электрооборудование и электротехнологии» направления подготовки «агроинженерия» / Э.И. Юрьева // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

METHODOLOGICAL TECHNIQUES FOR MASTERING ROBOT TECHNOLOGY WHEN TRAINING GRADUATES OF THE PROFILE "ELECTRICAL EQUIPMENT AND ELECTRICAL TECHNOLOGY" TRAINING DIRECTIONS "AGROENGINEERING"

Elmira Ibragimovna Yuryeva

Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia
yuryeva55@mail.ru

Annotation. The article provides examples of the use of robots in agricultural production. On the example of the Ural State Agrarian University, what disciplines are included in the curriculum for the development of professional competencies by students related to the management of robotic systems used in agricultural production.

Keywords: agroengineering, robotic systems, programming, mobile module

For citation: Yuryeva E.I. Methodological techniques for mastering robot technology when training graduates of the profile "electrical equipment and electrical technology" training directions "Agroengineering" / E.I. Yuryeva // Actual problems

Введение. В настоящее время согласно [1] развитие агропромышленного комплекса (АПК) невозможно представить без внедрения роботизированных систем управления в областях: 1) обслуживание производственных помещений и жилых зданий; 2) управлении коммунальным хозяйством; 3) развитие транспортной системы, начиная с автоматического управления машинным парком и заканчивая созданием автоматизированного пункта диагностики и ремонта различных машин и агрегатов. А для непосредственной работы на полях актуальным является развитие роботизации центров управления: 1) состоянием почвы, полива и подкормки сельскохозяйственных культур; 2) проверки качества мясомолочной продукции, яиц, зерновых и овощных культур; 3) условий их хранения. По степени роботизации производственных процессов среди крупных, средних и мелких сельскохозяйственных производств следует учитывать, что в значительно большем объеме роботизацию проводят средние и крупные хозяйства, причем последние реализуют ее на отдельных участках, исключая полную степень роботизации.

Материалы и методы. В Уральском ГАУ студенты, обучающиеся по направлению Агроинженерия, получают знания по указанной выше актуальной тематике в рамках следующих преподаваемых дисциплин: «Основы микропроцессорной техники», «Роботизация технологических процессов (ТП) в АПК», «Автоматизация ТП в АПК».

Результаты исследования. Изучение первой из указанных дисциплин позволяет понять базовые основы программирования для управления применяемым инструментом. Обучение навыкам программирования в данном курсе проводится в рамках программирования в системе платформы Arduino. Аппаратной основой платформы Arduino является микроконтроллер, размещенный на плате, и связанные с ним контактные входы-выходы. На Рис.1 представлено фото программы для реализации задания «Мигание лазером», на Рис.2 - сама платформа Arduino с включенным лазером. Данные работы выполнены студентами 4 курса по направлению Агроинженерия на занятиях, проведенных в декабре 2022 г.

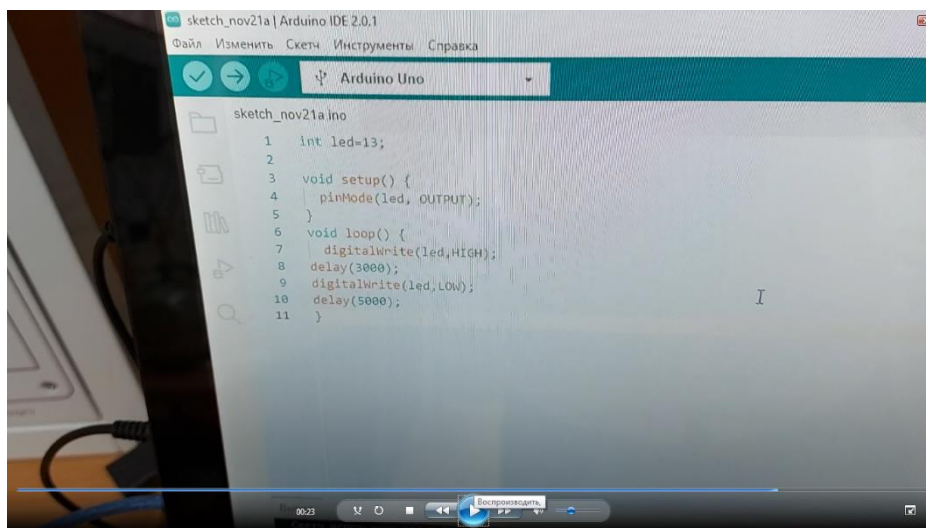


Рисунок 1 – Программа для задания «Мигание лазером»

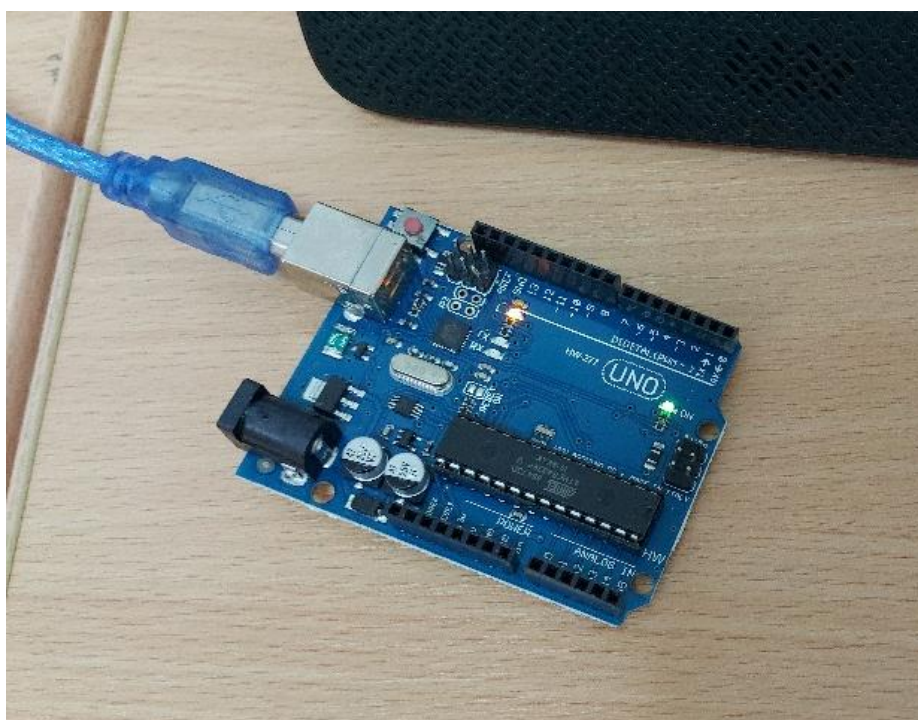


Рисунок 2 – Фото платформы Arduino с включенным лазером

При изучении второй дисциплины акцент ставится на изучении основ передвижного модуля - робота Puma-560 [2], и в завершающем задании по дисциплине передвижной модуль используется для реализации, например, задачи окраски деталей сложной формы при других более сложных манипуляциях робота.

Заключение. Методические приёмы овладения технологией робототехники при подготовке выпускников профиля «Электрооборудование и электротехнологии» направления подготовки «Агроинженерия» включают изучение аппаратной части робота, системы передачи данных от внешнего ПК к СУ Сфера-36. Студенты в процессе подготовки изучают системы координат, доступные для программирования ПР РМ-01, системы команд ARPS, выполняют Лабораторную работу 01, направленную на изучение робота РМ-01,

и проводят программирование траекторной задачи обхода заданных точек. В последующем студенты изучают описание РТК IntNC-800 DR, знакомятся с основами языка программирования IntLANG и выполняют Лабораторную работу 02 по разработке управляющей программы нанесения герметика на детали топливного насоса высокого давления автомобиля КАМАЗ.

Завершается блок дисциплин, связанный с изучением основ роботизации ТП в АПК, созданием математических моделей для моделирования автоматизации технологических процессов [3, 4]. Сложность создаваемых моделей для процессов в сельском хозяйстве, характеризуется большим числом переменных управления и состояния, сложной корреляцией технологических переменных и воздействием на объект многочисленных возмущений, связанных как с оперативными плановыми управляющими воздействиями на технологические процессы, оборудование, аппараты, мобильные транспортные, пахотные, посевные, уборочные и другие агрегаты, так и с присутствием неконтролируемых возмущений, таких как изменение климатических параметров, урожайности, качество кормов и т.д. Поэтому принято считать, что технологические сельскохозяйственные процессы имеют свойства дискретных, распределенных, динамических и стохастических систем.

В процессе освоения дисциплины «Автоматизация ТП в АПК» студенты 4 курса получают теоретические и практические навыки в создании математических моделей в различных областях АПК [5]: технологических процессов в полеводстве, животноводстве, птицеводстве, защищенном грунте, хранилищ сельскохозяйственной продукции, энерго- и водоснабжения сельского хозяйства, установок электрического облучения и обогрева, ремонта сельскохозяйственной техники, создают блок-схему математической модели электрического двигателя постоянного тока.

Список источников

1. Arduino. Полный учебный курс. От игры к инженерному проекту / А.А. Салахова, О.А. Феоктистова, Н.А. Александрова, М.В. Храмова. – М.: Лаборатория знаний, 2020. – 175 с.
2. М.В. Архипов. Промышленные роботы: управление манипуляционными роботами : учебное пособие для вузов / М.В. Архипов, М.В. Вартанов, Р.С. Мищенко. – М.: Издательство Юрайт, 2020. – 170 с.
3. Гордеев А.С. Моделирование в агроинженерии: Учебник для вузов. Специальная литература. – СПб: Издательство Лань, 2014. – 384 с.
4. Гайдук А.Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB: учебное пособие / А.Р. Гайдук, В.Е.Беляев, П.Я. Пьявченко. – Санкт – Петербург: Лань, 201. – 464 с.
5. Бородин И.Ф. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления / И.Ф. Бородин, С.А. Андреев.- М.: Издательство Юрайт, 2019. – 386 с.

© Юрьева Э.И., 2023

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УЧЁТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РОССИИ

Даниил Вадимович Яшин¹, Оксана Николаевна Чурляева², Роман Константинович Степанов³

^{1,2,3}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹h2kcod@gmail.com

²oksana.churlyaeva@mail.ru [https://orcid 0009-0003-7472-0465](https://orcid.org/0009-0003-7472-0465)

³roman.zid50@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы развития интеллектуальных систем учёта электроэнергии, а также рассматривается зарубежный опыт применения данных систем иностранными государствами.

Ключевые слова: цифровизация, учёт электроэнергии, интеллектуальный учёт электроэнергии, автоматизированная система контроля и учёта электроэнергии (АСКУЭ), уровни учёта электроэнергии.

Для цитирования: Яшин Д.В. Перспективы развития интеллектуальных систем учёта электроэнергии в России / Д.В. Яшин, О.Н. Чурляева, Р.К. Степанов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF INTELLIGENT ELECTRICITY METERING SYSTEMS IN RUSSIA

Daniil Vadimovich Yashin¹, Oksana Nikolaevna Churlyaeva², Roman Konstantinovich Stepanov³

^{1,2,3}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹h2kcod@gmail.com

²oksana.churlyaeva@mail.ru [https://orcid 0009-0003-7472-0465](https://orcid.org/0009-0003-7472-0465)

³roman.zid50@mail.ru

Annotation. The article discusses the prospects for the development of intelligent electricity metering systems, as well as the foreign experience of using these systems by foreign states

Keywords: digitalization, electricity metering, intelligent electricity metering, automated system for monitoring and accounting of electricity (ASMAE), electricity metering levels

For citation: Yashin D.V. Prospects for the development of intelligent electricity metering systems in Russia / D.V. Yashin, O.N. Churlyayeva, R.K. Stepanov // Actual Problems of Energy Agro-industrial complex: Materials of the XIV National Conference with International Participation / Ed. S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Цифровизация процессов является одним из перспективных направлений в различных сферах жизни, своё место она также находит и в электроэнергетике. Происходит реализации концепций по типу “цифровой трансформации” [1], которые затрагивают различные области электроэнергетики. Применяют информационные системы управления, создаются и реализовываются проекты цифровых подстанций, автоматизируются процессы ликвидации аварий воздушных сетей. Также, довольно важным пунктом является развитие интеллектуальных систем учёта электроэнергии.

Материалы и методы. Целью учёта электроэнергии является получение Продавцами, Покупателями, Оператором торговой системы и другими заинтересованными участниками оптового рынка достоверной, соответствующей действующим нормативным документам, информации о поставке товарной продукции (электроэнергии, мощности) для организации коммерческих расчетов в соответствии с правилами работы оптового рынка электроэнергии. Данные коммерческого учета могут быть использованы также и для решения технических, технико-экономических и статистических задач, как самого субъекта оптового рынка, так и на всех уровнях иерархии управления энергетическим производством. Однако также существуют проблемы связанные со сбором и регистрацией показаний приборов учёта, безучётное потребление электроэнергии. Безучётное потребление – потребление электрической энергии с нарушением установленного договором энергоснабжения электрической энергии (мощности), договором оказания услуг по передаче электрической энергии, выражающееся во вмешательстве в работу прибора учета обязанность по обеспечению целостности и сохранности которого возложена на потребителя, в том числе в нарушении пломб или знаков визуального контроля, нанесенных на прибор учета.[2] Для усовершенствования процесса учёта электроэнергии были созданы системы АСКУЭ, однако в данный момент времени всё чаще применяют интеллектуальные системы учёта электроэнергии. В них применяются интеллектуальные приборы учёта, которые снабжаются модулями сбора, обработки, хранения и получения данных. Функционал данных систем должен, иметь минимальный набор функций, соответствующий постановлению Правительства РФ от 19.06.2020 N 890 (ред. от 30.12.2022) "О порядке предоставления доступа к минимальному набору функций интеллектуальных систем учета электрической энергии (мощности)" (вместе с "Правилами предоставления доступа к минимальному набору функций интеллектуальных систем учета электрической энергии (мощности)"). Одними из данных функций

являются: передача показаний и результатов измерений прибора учета электрической энергии, присоединенного к интеллектуальной системе учета, возможность удалённого полного или частичного ограничения режима потребления электрической энергии, безопасная передача архива данных [3]. Данные системы учёта состоят из нескольких уровней (см Рисунок 1.)

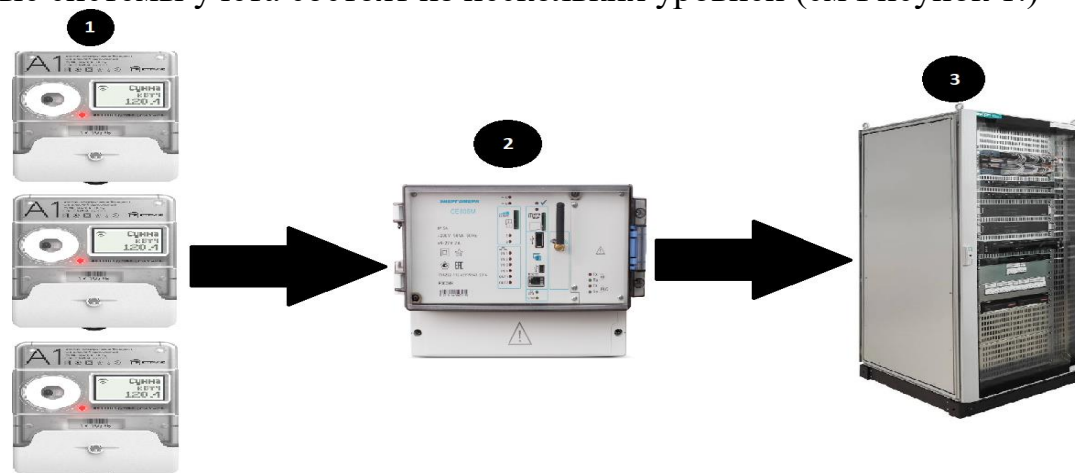


Рисунок 1 – Уровни интеллектуальной системы учета

1. Первый уровень является началом сбора информации – измеряется количество электроэнергии с помощью приборов учёта.

2. На данном уровне система осуществляет сбор и передачу информации, используются здесь приборы со встроенным программным обеспечением (УСПД), которые также позволяют передавать информацию на следующий уровень.

3. Третий уровень – персональный компьютер (ПК) или сервер центра сбора и обработки данных со специализированным программным обеспечением АСКУЭ, осуществляющий сбор информации с УСПД (или группы УСПД), итоговую обработку этой информации как по точкам учета, так и по их группам – по подразделениям и объектам предприятия.

Результаты исследования. Начиная с 1 января 2022 года электросетевые компании, а также гарантирующие поставщики имеют обязанность устанавливать только интеллектуальные приборы учёта электроэнергии. Например, по данным ПАО «Россети Волга- Саратовские распределительные сети» за 2022 год было установлено около 4 тыс. «умных» приборов учёта.

Если анализировать мировой опыт и сравнить с Российской Федерацией, то можно отметить, что на данный момент времени, уровень использования интеллектуальных систем низок. В странах Европейского Союза, где присутствуют такие сетевые компании, как «ENEDIS», «Enel», данные системы были созданы, начиная с 2002 года, а на нынешнее время существует свыше 1000 проектов с высоким уровнем инвестиций. По информации Японской «ТЕРСО» к 2020 году уже установлено около 30 миллионов «умных счётчиков» [4]. В США, начиная с 2010 была реализована отдельная программа инвестиционных грантов, направленная на ускорение трансформации национальной электрической сети путем внедрения интеллектуальной системы учета с общим объемом инвестиций 8 млрд долл. США [5].

Заключение. Развитие интеллектуальных систем в нашей стране продолжается и имеет неплохие перспективы развития и некоторые шаги, на пути развитию, которые раньше были препятствиями, были сделаны, к примеру, создана нормативно-правовая база, однако всё также существуют проблемы с инвестированием в программы, позволяющие развивать данное направление электроэнергетики.

Список источников

1. ПАО “Россети Волга” – официальный сайт: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rossetivolga.ru/>
2. Автоматизированная система учета электрической энергии: краткий курс лекций для обучающихся направления подготовки 35.03.06 Агроинженерия / Сост.: М.А. Левин // ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. – Саратов, 2019. – 55 с.
3. Правительства РФ от 19.06.2020 N 890 (ред. от 30.12.2022) "О порядке предоставления доступа к минимальному набору функций интеллектуальных систем учета электрической энергии (мощности)" (вместе с "Правилами предоставления доступа к минимальному набору функций интеллектуальных систем учета электрической энергии (мощности)") – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_355626/
4. Можаяева, С.В. Экономика энергетического производства : учебное пособие / С.В. Можаяева. – 6-е изд., доп. и перераб. – СПб. : Изд-во «Лань», 2011. – 272 с
5. Ключков В. В., Данилин М. Н. Анализ влияния новых технологий в энергетике на российскую экономику в долгосрочной перспективе // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. Том 11. № 46. С. 13-28

© Яшин Д.В., Чурляева О.Н., Степанов Р.К., 2023

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Kumar N., Ivanova N.A., S.M. Bakirov</i> CHEMISTRY, PROPERTIES, AND ENERGY STORAGE APPLICATIONS OF METAL-ORGANIC FRAMEWORKS	3
<i>Ivanova N.A., Kumar N., Spasov D.D., Mensharapov R.M., Fateev V.N.</i> ELECTROCHEMICAL DEVICES WITH PROTON EXCHANGE MEMBRANE FOR A DISTRIBUTED NETWORK OF POWER ENERGY	11
<i>Анашкин А.А., Бакиров С. М., Угаров Г.Г., Верзилин А.А.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ В СИСТЕМАХ ОСВЕЩЕНИЯ ТЕПЛИЦ ЗАКРЫТОГО ГРУНТА	18
<i>Антропов В.Е., Овсянников В.Н.</i> ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ТРАНСФОРМАТОРАХ С МАГНИТОПРОВОДОМ ИЗ АМОРФНОЙ СТАЛИ	24
<i>Бакиров С.М., Карпухин Р.К.</i> АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИНДУКТОРА НА ПАРАМЕТРЫ НАГРЕВА ИНДУКЦИОННОГО КОТЛА МАЛОЙ МОЩНОСТИ	29
<i>Бакиров С.М., Урядова Е.Н.</i> АНАЛИЗ СПОСОБОВ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ	36
<i>Бакиров С.М., Шаилов Д.А., Апасеева В.К.</i> РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОЙ ПЛАВАЮЩЕЙ СТАНЦИИ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВОДЫ В РЕКЕ	41
<i>Бахтеев С.В., Кифарак С.А., Меденцев М.А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ	47
<i>Бибко Д.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВОДОРОДНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ	54

<i>Беззубцева М.М., Волков В.С.</i> ИНТЕНСИФИКАЦИЯ АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА КОРМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ДИСПЕРГАТОРА	58
<i>Бондаренко А.А., Вендин С.В.</i> РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ НА МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ	63
<i>Волгин А.В., Гончаров С.А.</i> ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ УДАРНОЙ МАШИНЫ С АККУМУЛЯТОРНЫМ ПИТАНИЕМ	67
<i>Волгин А.В., Гончаров С.А.</i> ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ С ФОРСИРОВАННЫМ АККУМУЛИРОВАНИЕМ МАГНИТНОЙ ЭНЕРГИИ	72
<i>Вырыханов Д.А., Камендровский И.А.</i> ФОРМИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ	79
<i>Елисеев С.С., Ключиков А.В., Гречечук Ю.Н.</i> СРАВНЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ЭТАПОВ ВОДОПОДАЧИ И ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЦЕССА ОРОШЕНИЯ	87
<i>Заболотный В.Н., Вендин С.В.</i> УСТАНОВКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВОДЫ УФ ИЗЛУЧЕНИЕМ	91
<i>Земцова Н.В., Щегольков А.В., Евдокимова С.Ю., Шиндановин М.Е.</i> РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ	95
<i>Иванова З.И., Антошина Е.С.</i> ОРГАНИЗАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ КОММУНИКАЦИИ В ОБУЧЕНИИ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ	99
<i>Ишутин М.С., Юркин В.В., Брюзгина Д.Е.</i> ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ОЗОНАТОРОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	107

<i>Ишутин М.С., Андреев Л.Н., Артамонов М.А.</i> ПРИЧИНЫ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ В АПК И МЕРЫ ДЛЯ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ	110
<i>Кадухин А.И., Коцарь Ю.А., Логачёва О.В.</i> РОБОТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИКОЙ С ГИДРОСТАТИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ	115
<i>Каргин В.А., Кравченко Р.А., Кротов И.В., Резенов Е.Р.</i> РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ	119
<i>Кармушев Р.Р., Бучельникова Т.А.</i> ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ ШАГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	128
<i>Каширин Д.Е., Павлов В.В.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	133
<i>Каширин Д.Е., Павлов В.В.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДИОДА ШОТТКИ	139
<i>Каширин Д.Е., Гобелев С.Н., Елисеев И.О.</i> К ВОПРОСУ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ НА ОСНОВЕ СТРУКТУРЫ MESFET	144
<i>Каширин Д.Е., Гобелев С.Н., Елисеев И.О.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ СТРУКТУР ТИПА MESFET	149
<i>Каширин Д.Е., Гобелев С.Н., Елисеев И.О.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК JBS ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ	155
<i>Колчин Е.Д., Логачёва О.В., Сохинов Д.Ю.</i> СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ОТКЛЮЧЕНИЙ И ОТКЛОНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА ВВОДАХ СЕЛЬСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ	160
<i>Корнилов А.Ю., Бахтеев С.В.</i> ВЫБОР ИСТОЧНИКА ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ЗЕЛЕНИ В ЭКОБОКСЕ	166
<i>Левин М.А., Третьякова Т.И.</i>	

СРАВНЕНИЕ ТИПОВ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ В ТЕПЛИЦЕ	173
<i>Лягина Л.А., Ванина А.А.</i> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ОБОГРЕВА ТЕПЛИЦ	176
<i>Лягина Л.А., Котенев А.С.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ КУКУРУЗЫ ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ ПОЭТАПНОГО ОБМОЛОТА	180
<i>Лягина Л.А., Устинин А.Е.</i> СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ	183
<i>Лягина Л.А., Устинин А.Е.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КОНТРОЛЯ РАСХОДА В СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПОМЕТА	186
<i>Макаревич А.А., Прудников А.Ю.</i> КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ТЕПЛОВИЗОРА	190
<i>Моисеев А.П., Фомин К.В.</i> УСТРОЙСТВО ПЕРЕДАЧИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СХЕМЕ «ЛЭМД-ШТОК-ПУАНСОН»	194
<i>Никитин Д.А., Чурляева О.Н.</i> РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ СТАБИЛЬНОГО СВЕТОВОГО ПОТОКА В ТЕПЛИЦЕ	199
<i>Никишков А.А., Овсянников В.Н.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА В АПК	204
<i>Овсянников В.Н., Левина Г.Ж.</i> МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ МОМЕНТНОГО ДВИГАТЕЛЯ	207

<i>Павликов А.А., Ищенко А.П.</i> ВНЕДРЕНИЕ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ОТОПЛЕНИЯ КАК ОДНА ИЗ СОСТАВЛЯЮЩИХ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	210
<i>Павликов А.А., Ищенко А.П.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОТОПЛИВА НА ПРИМЕРЕ БИОГАЗА	214
<i>Павлов П.И., Васильчиков В.В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ПОГРУЗЧИКОВ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ	217
<i>Павлов П.И., Васильчиков В.В., Дзюбан И.Л.</i> ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ШНЕКОФРЕЗЕРНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ПОГРУЗЧИКА-СМЕСИТЕЛЯ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОГО КОМПОСТА	221
<i>Половнев Г.К., Вендин С.В.</i> РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЗАРЯДКИ АККУМУЛЯТОРОВ ВЕТРО-СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ	225
<i>Попов И.Н., Верзилин А.А.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ОПТИМАЛЬНОЙ ЗОНЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА РАСПРЕДЕЛЁННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	229
<i>Редкозубов В.И., Иванкина Ю.В.</i> СИСТЕМА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ СФУ	234
<i>Садыкова Л.А.</i> ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАСТБИЩ	238
<i>Сивицкий Д.В., Барсуков А.А.</i> ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА ЗАПАСАЕМОЙ ЭНЕРГИИ ОТ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ПРИ АВТОНОМНОЙ РАБОТЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ НА ПРИМЕРЕ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ	242

<i>Сивяков Б.К., Сивяков Д.Б.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БЕСКОНТАКТНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ ПЛОСКИХ КАТУШЕК ИНДУКТИВНОСТИ	245
<i>Ситников М.А., Четвериков Е.А.</i> АНАЛИЗ СПОСОБОВ СУШКИ ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКЦИИ С ПОМОЩЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ	252
<i>Ситников М.А., Четвериков Е.А.</i> АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЗЕРНОСУШИЛКОЙ НА ОСНОВЕ ПЛК С УДАЛЕННЫМ МОНИТОРИНГОМ СИСТЕМЫ	257
<i>Скорин И.А., Бахтеев С.В., Линиченко Д.С.</i> ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ТРУБОПРОВОДОВ	261
<i>Соболева Н.В., Ижевский А.С.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ПО ТЕПЛОСЧЕТЧИКУ С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМИ И НОРМАТИВНЫМИ ДАННЫМИ	268
<i>Сохинов Д.Ю., Кравченко Р.А., Кишко В.В.</i> АНАЛИЗ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ СОРТИРОВКИ ПЛОДОВ НА ПИЩЕВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	271
<i>Спирина О.Н., Волков А.П.</i> ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО ЭКЗАМЕНА ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 13.02.06 РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	278
<i>Трушкин В.А., Борисов Г.В., Абзалов М.А.</i> ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ (АСКУЭ)	282
<i>Трушкин В.А., Кукин Д.С., Трушкина А.В.</i> ВОПРОСЫ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ НА ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЯХ	288
<i>Чернова Е.Н., Ищенко А.П., Голубев Н.О.</i> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ УЛЬЕВ «УМНАЯ ПАСЕКА»	293

<i>Чурляева О.Н., Кухарчук Р.О., Степанов Р.К.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ НА РЕКАХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ	299
<i>Шепелев М.А., Чурляева О.Н., Трушкин В.А.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЗОНАХ ОТДЫХА ДЛЯ ЗАРЯДКИ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ЛОКАЛЬНОГО ОСВЕЩЕНИЯ	302
<i>Шепелев М.А., Чурляева О.Н.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМЫХ ТРЕБОВАНИЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЗАРЯДНОЙ СТАНЦИИ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ В ЗОНАХ ОТДЫХА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	307
<i>Юрьева Э.И.</i> МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИЁМЫ ОВЛАДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЕЙ РОБОТОТЕХНИКИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ВЫПУСКНИКОВ ПРОФИЛЯ «ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ» НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ «АГРОИНЖЕНЕРИЯ»	311
<i>Яшин Д.В., Чурляева О.Н., Степанов Р.К.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УЧЁТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РОССИИ	315

Научное издание

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ АПК

**Материалы XIV Национальной научно-практической
конференции с международным участием**



Электронное издание

Адрес размещения: <https://www.vavilovsar.ru/nauka/konferencii-saratovskogo-gau/2023-g>

Размещено 05.06.2023 г.

Объем данных: 10,5 Мбайт. Аналог печ. л. 20,3

Формат 60×84 1/16. Заказ №829/2023

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Саратовский государственный университет генетики,
биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»

Тел.: 8(8452)26-27-83, email: nir@vavilovsar.ru

410012, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3.