

**MINISTRY OF DEFENSE OF UKRAINE
ODESA MILITARY ACADEMY**



ELECTRICAL AND POWER ENGINEERING AND ELECTROMECHANICS (EPEE 2023)

**III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
PROCEEDINGS**

JUNE 15, 2023



**MINISTRY OF DEFENSE OF UKRAINE
ODESA MILITARY ACADEMY**

ELECTRICAL AND POWER ENGINEERING AND ELECTROMECHANICS (EPEE 2023)

Proceedings of III International Scientific Conference

June 15, 2023

**Odesa, Ukraine
2023**

ORGANIZING COMMITTEE

Denis LISOVENKO, Odessa Military Academy, Ukraine (Chair)
 Oleg MASLIY, Odessa Military Academy, Ukraine (Co-Chair)
 Roland HEVORGYAN, Odessa Military Academy, Ukraine (Co-Chair)
 Andrew BUKAROS, Odessa Military Academy, Ukraine (Co-Chair)
 Alexander HEREGA, Odessa Military Academy, Ukraine (Co-Chair)
 Herman TRUSHKOV, Odessa Military Academy, Ukraine (Secretary)
 Oleksii SERGIEIEV, Odessa Military Academy, Ukraine
 Volodymyr SERGEIEV, Odessa Military Academy, Ukraine

PROGRAM COMMITTEE

Andrew BUKAROS, Odessa Military Academy, Ukraine (Chair)
 Alexander HEREGA, Odessa Military Academy, Ukraine (Co-Chair)
 Oleg ONISHCHENKO, National University "Odessa Maritime Academy", Ukraine (Co-Chair)
 Irina HVOZDEVA, National University "Odessa Maritime Academy", Ukraine (Co-Chair)
 Boukhalfa BENDAHDANE, University Abderrahmane Mira of Béjaïa, Algeria

Electrical and Power Engineering and Electromechanics (EPEE 2023). Odesa, Ukraine, June 15, 2023: proceedings. Odesa Military Academy, 2023. 45 p.

DOI 10.6084/m9.figshare.23624493

ISBN 978-617-8339-00-5

Copies may be made only from legally acquired originals. A single copy of one article per issue may be downloaded for personal use (non-commercial research or private study).

Downloading or printing multiple copies is not permitted. Electronic Storage or Usage Permission of the Publisher is required to store or use electronically any material contained in this work, including any chapter or part of a chapter. Permission of the Publisher is required for all other derivative works, including compilations and translations. Except as outlined above, no part of this work may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means without prior written permission of the Publisher.

CONTENTS

1. <i>Belhoul T.</i> Behavior of a small rod-rod air gap with covered electrodes.....	4
2. <i>Bordun I., Szymczykiewicz E.</i> Coulombic efficiency of supercapacitors with Li_2SO_4 -based electrolyte.....	6
3. <i>Borodai V. A., Nesterova O. Yu., Fedorov S.I., Shlapko R.O.</i> Complex and efficient decentralized control of mechanisms loaded by a distributed network	8
4. <i>Melahi A., Bendahmane B.</i> Predictive control based on neural networks and the artificial bee colony algorithm applied to induction motor	10
5. <i>Messaoudène A., Rahmani A., Bendahmane B.</i> Evaluation of filter media charge by DC corona discharge	12
6. <i>Rahmani A., Messaoudene A., Chibane O., Smili K.</i> Current-voltage characteristics of multi-needle-plan corona electrode configurations.....	14
7. <i>Serir C., Bensmail S., Tadjine K., Rekioua D.</i> Fuzzy control of an electromechanical system powered by renewable energy	16
8. <i>Yahiaoui B., Bendahmane B., Melahi A., Kasdi A.</i> Neutralization of electrostatic charges on the surfaces of PP films and nonwovens by alternating corona discharge	18
9. <i>Богаєвський О.Б., Тищенко Д.А.</i> Удосконалення системи управління освітленням транспортного засобу	20
10. <i>Букарос А.Ю., Сергєєв О.Ю., Сергєєв В.В.</i> Модернізація спостерігача стану електроприводів наведення бойових машин.....	22
11. <i>Буткевич О.Ф., Гурєєва Т.М., Юнєєва Н.Т.</i> Структурна трансформація енергосистем та їхні динамічні властивості	24
12. <i>Буткевич О.Ф., Кучанський В.В.</i> Забезпечення ефективного функціонування енергосистеми в неповнофазних режимах	26
13. <i>Вітюк М.В., Машін В.М.</i> Система нечіткого регулювання температури суднової електронагрівальної установки.....	28
14. <i>Волянська Я. Б., Волянський С. М., Баланський В. П., Ковальчук М. С., Волянський Ю. С.</i> Аналіз способів підвищення надійності електромеханічних систем за рахунок резервування	30
15. <i>Герєга О.М., Дроздов М.О., Коньков К.Д.</i> Аналіз випромінювання фрактальних антен з використанням структур Серпінського	32
16. <i>Довгалюк О.М., Баталін В.Ю., Білоконь Г.В., Кравчук Д.Є.</i> Оптимізація режимів роботи розподільних електричних мереж	33
17. <i>Клименко В.В., Котов Д.О.</i> Проблема адаптації роботизованого автомобіля з інформаційно-керуючою системою в умовах впливу дестабілізуючих факторів	35
18. <i>Котов Д.О., Марченко В.П., Мельник В.В.</i> Проблемні аспекти автоматизації режимів руху автомобіля на основі стандарту ADAS (Advanced Driver Assistance Systems)	37
19. <i>Кочетков О.В., Гаур Т.О., Харченко Р.Ю.</i> Покращення показників якості електричної енергії перетворювачів постійної напруги	39
20. <i>Курдюк С. В., Гаврилюк Т. К., Онищенко О. А.</i> Особливості побудови віддалених систем керування багатоцільовими роботизованими морськими комплексами	41
21. <i>Курдюк С. В., Сапіга В. В., Онищенко О. А., Шевченко В. А.</i> Використання принципу "модульної концепції" у побудові морських безпілотних суден і їх систем керування ...	42
22. <i>Обнявко Т.С., Трушков Г.В., Герєга О.М.</i> Ще раз про оптимізацію розміщення компонентів електронних схем: перколяційний підхід	43

BEHAVIOR OF A SMALL ROD-ROD AIR GAP WITH COVERED ELECTRODES

Dr. Belhoul T.

Laboratory of Electrical Engineering, Department of Electrical Engineering, University A. Mira of Bejaia, 06000 Bejaia, Algeria

The main objective of this paper consists of the study of the field lines' distribution of rod-plane system with a very polluted barrier using COMSOL Multiphysics software [1-3]. An experimental study was carried out at the High Voltage laboratory with the aim of researching the electrical performance of this system with non-uniform electrical field under severe pollution conditions and 50 Hz alternating voltage.

Figure 1 is composed of a system of electrodes: rod - tubular barrier - plane (Figure 1a). These electrodes and their support were designed and produced in the high voltage laboratory and in the technology hall of the University of Bejaia [4, 5].

The tubular glass barrier (Figure 1b) used in this investigation has a length $L_t = 100$ mm. Its inside diameter is 14 mm and outside (D_t) 15 mm. The model used in simulation on COMSOL is illustrated in figure 1c.

The volume conductivity value (δ_v) of the solution used in this study is equal to 25 mS/cm. This corresponds to a very unfavorable level of pollution of an indoor site.

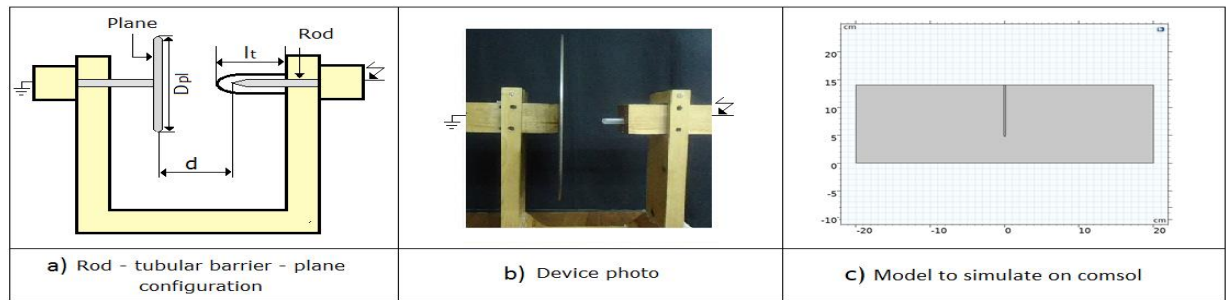


Figure 1. Photo and dimensions of the elements constituting the rod - plane system with tubular glass barrier and simulation model.

Bare rod - plane system

The simulation was performed in the absence of the barrier (Figure 2). This was done in order to have reference values of the voltage distribution and the electrical field. It is to be noted that the equipotential lines are parallel to the two ends, and the electrical field intensity is higher in the end of the rod put under high voltage, also they are perpendicular to the equipotential lines.

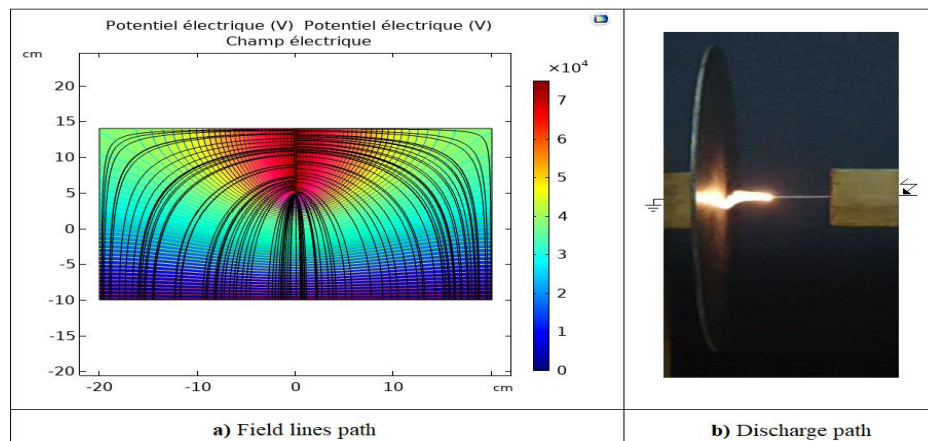


Figure 2. Field lines simulation and discharge path of rod - plane system without barrier.

Rod - polluted tubular barrier – plane configuration

Figure 3 shows the air gap disruption path of the heavily polluted tubular barrier. The electrical field lines coming out of the rod closed by the barrier are non-uniform; however, the equipotential lines are uniform. This is reduced to the breakdown path of the air gap between the closed end of the tube and the grounded plane (Fig 3a). In this case, the system's disruptive discharge emanates from the closed end of the tube enclosing the HV pointed rod and propagates through the air towards the grounded plane (Fig 2b). This path is the same as that of the rod-plane configuration without barrier (Figure 2). Therefore, the protection of the system is not provided at all by the glass barrier.

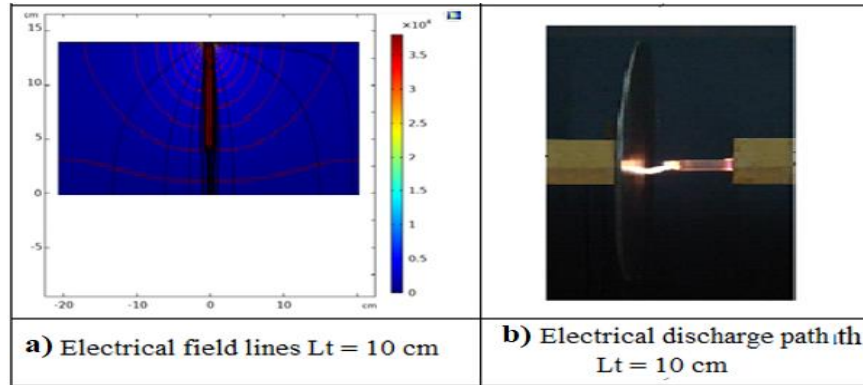


Figure 3. Simulation of the electrical field lines and the path of the disruptive electrical discharge of the air space of a rod - polluted glass tubular barrier - plane system ($d = 4$ cm).

In this paper, we used a computational tool based on the finite element method (COMSOL software) to describe the disruption of an air gap with non-uniform electrical field protected by tubular and planar barriers of different lengths and interelectrode distances in various atmospheres and energized by alternating current.

The results from this study are summarized as follows:

The COMSOL 5.4 software allows us to predict the electrical field distribution in rod – plane system with a tubular barrier and clean or polluted plane under alternating voltage.

Under severe pollution's conditions, no protection is provided by a glass barrier because of the absence of the discharge of their flashover. This is due to the highly conductive behavior of the pollution layer covering their surface.

Another protection is necessary in this case, by replacing the hydrophilic material with another more efficient material such as silicone or a superhydrophobic material.

1. Belhoul, T., Boudissa, R., Haim, K. D. (2017). Comparison of the Performance of Silicone and Glass Barriers under Direct Current and Very Severe Conditions of Pollution. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation* Vol. 24, No.1, pp. 471-482.
2. IEC 62271-304, "Technical Specification of design classes for indoor enclosed switchgear and control gear from 1 kV and up to and including 52 kV to be used in severe climatic conditions", *High Voltage Switchgear and Control gear-PART 304*.
3. Boudissa, R., Bayadi, Baersch, R., (2014). AC Performance of silicone and glass barriers in clean and polluted atmosphere., *Electric Power Systems Research* 108, pp. 170-177.
4. Belhoul, T., Bouchelga, F., Boudissa, R., Kornhuber., Haim, K. D. (2021). Small air gap's performance under non-uniform electrical field with silicone tubular barriers under AC voltage. Vol. 103, No.4, pp. 2229-2241.
5. Bouatia, N., Messad, S., Bouchelga, F., Belhoul, T., Boudissa, R., Kornhuber, S., Haim, K.D. (2022). Comparative study of the electrical performance of superhydrophobic and hydrophilic tubular and plane insulating barriers under DC voltage., pp. 497-511, *Electrical Engineering*. Vol. 24, No.1, pp. 471-482.

COULOMBIC EFFICIENCY OF SUPERCAPACITORS WITH Li_2SO_4 -BASED ELECTROLYTE

DSc. Bordin I.M.^{1,2}, Szymczykiewicz E.¹

¹ *Czestochowa University of Technology, 69 Dabrowskiego str., 42-201 Czestochowa, Poland*

² *Lviv Polytechnic National University, 12 Bandera str., Lviv, 79013, Ukraine*

Supercapacitors (SCs), also known as ultracapacitors, are electrochemical devices with a large capacitance. They are characterized by high specific power, but are inferior to batteries in terms of specific energy. The specific energy of a SC can be increased by increasing its electrical capacity or by increasing the operating voltage. The operating voltage of SCs with alkaline aqueous electrolytes is 1 V. Organic electrolytes are stable at voltages of 2.5 - 3.2 V. However, these electrolytes have a number of disadvantages: high cost, low electrical conductivity, toxicity, and the need to create special conditions for working with them. Therefore, there has been a growing interest in aqueous electrolytes instead of organic ones. An increase in operating voltage is achieved by using solutions of alkali metal sulphates. Paper [1] evaluated the stability of neutral electrolytes based on Li_2SO_4 solutions and showed that a symmetrical SC made of activated carbon and an aqueous solution of Li_2SO_4 demonstrates stable operation at 1.6 V. In [2], it is reported that a symmetrical SC based on activated carbon with an electrolyte based on an aqueous solution of Li_2SO_4 is characterized by an operating voltage of 1.8 V and a good capacity value after 10,000 charge/discharge cycles. In [3], a carbon SC based on Li_2SO_4 electrolyte withstood more than 15000 cycles at a voltage of 2.2 V. The aim of our work was to establish the possible reason for such a difference in the study results at different operating voltages of symmetrical SCs with carbon electrodes and electrolytes based on aqueous solutions of Li_2SO_4 .

The electrodes were made of Norit DLC 30 Supra carbon (Cabot Norit Netherlands, The Netherlands). SC electrodes were made on the basis of nickel mesh. The active material was mixed with a binding additive (polyvinylidene fluoride) in a ratio of 19:1 and pressed into the mesh using a press. The electrolytes used for the study were aqueous solutions of 0.5, 0.7, and 1 mol L⁻¹ Li_2SO_4 (hereinafter referred to as 0.5 M, 0.7 M and 1 M Li_2SO_4). The study of SC was carried out by chronopotentiometry and cyclic voltammetry.

The cyclic voltammograms of all SCs had a classical supercapacitor appearance without peaks of Faraday processes. This means that the carbon surface is charged primarily by forming a double electric layer. The SCs were charged/discharged in the range of current densities from 0.1 to 1 A/g to voltages of 1.4, 1.6, and 1.8 V. The specific capacitance of the carbon in the studied SCs gradually decreases by about 10-12% with increasing current density for all voltages. It should be added that the specific capacitance depends on the operating voltage. At a current density of 0.1 A/g and charge/discharge to a voltage of 1.4 V, the specific capacitance of carbon in the SC is 87 F/g, at charge/discharge to a voltage of 1.6 V 90 F/g, and at charge/discharge to 1.8 V 96 F/g.

However, the change in the Coulombic efficiency

$$K = \frac{Q_{\text{dis}}}{Q_{\text{ch}}} \cdot 100\% \quad (1)$$

where Q_{ch} is the charge received by the SC during charging and Q_{dis} is the charge released by the SC during discharging, turned out to be very interesting (Fig. 1).

As can be seen from Fig. 1, at current densities greater than 0.5 A/g for all voltages, we have almost complete reversibility of the electrochemical process - the Coulombic efficiency approaches 100%. For lower current densities, the Coulombic efficiency strongly depends on the operating voltage. With an increase in the voltage to which the SC is charged, the Coulombic efficiency decreases for low current densities. Moreover, this decrease occurs faster with an increase in the concentration of the dissolved lithium sulfate salt.

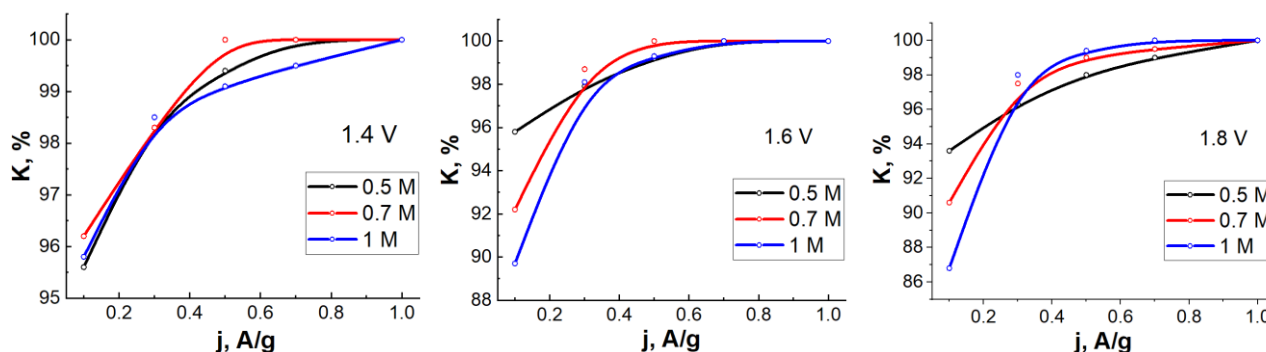


Figure 1. Coulombic efficiency of SCs at different charge/discharge current densities

The possible cause of such changes is redox reactions between dissolved ions and surface functional groups that are always present on the carbon surface. Li^+ ions are characterised by low mobility and low diffusion coefficient [3]. At low current densities, such ions quickly reach the electrode/electrolyte interface but remain near this interface during discharge. Additionally, this assumption will be tested using impedance spectroscopy in future investigations.

Therefore, to ensure the efficient operation of SCs with an electrolyte based on Li_2SO_4 solution, it is necessary to use a current density during charging/discharging above 0.5 A/g to reduce the impact of such reactions.

1. Sun, X., Zhang, X., Zhang, H., Zhang, D. & Ma Y. (2012) A comparative study of activated carbon-based symmetric supercapacitors in Li_2SO_4 and KOH aqueous electrolytes. *J. Solid State Electrochem.*, 16, 2597-2603.
2. Gao, Q. (2019) Optimizing carbon/carbon supercapacitors in aqueous alkali sulfates electrolytes. *J. Energy Chem.*, 38, 219-224.
3. Fic, K., Lota, G., Meller, M. & Frackowiak, E. (2012) Novel insight into neutral medium as electrolyte for high-voltage supercapacitors. *Energy Environ. Sci.*, 5, 5842-5850.4.

COMPLEX AND EFFICIENT DECENTRALIZED CONTROL OF MECHANISMS LOADED BY A DISTRIBUTED NETWORK

PhD (Engineering), Associate Professor Borodai V. A., PhD (Education), Associate Professor Nesterova O. Yu., engineer Fedorov S.I., PhD student Shlapko R.O.

Dnipro University of Technology

The issue of resource and energy conservation does not lose its relevance, but becomes even more acute due to the shortage of primary energy resources. Therefore, the latest technologies that provide increased efficiency, especially powerful equipment, are in constant demand from industrialists and household consumers.

It is known that centrifugal mechanisms that transport liquids and gases are the most common equipment in various spheres of human activity. Such applications as water supply and drainage, ventilation, pumping of technological mixtures are present almost everywhere. Taking into account the fact that such equipment is quite powerful, losses on it due to incorrect operation can be significant. It should also be noted that such a situation arises as a result of chaotic loading of the drive of pumping and ventilation equipment, especially when it works on an extensive network, and where it is almost impossible to predict the level of load during the working period in advance. Therefore, there are quite often modes of operation of pumping and ventilation equipment that work under load or even at idle.

It is possible to solve the problem in the case of implementation of the principle of supplying the motor of the mechanism at each moment of time with such an amount of energy that does not exceed the amount necessary to overcome the current load. An example of such an implementation is a system with voltage regulation, where the result of increased efficiency is achieved only in the motor link [1]. The use of the system [2] expands the possibilities of energy efficiency due to the use of converters with a pulse-width control method and, accordingly, with a higher value of the power factor. In the end, it became clear that maximum energy savings can be achieved with a comprehensive approach to solving the task. That is, the components of energy saving should also include links of power supply and working machine [3]. Despite all the listed advantages, option [3] still does not use all the savings possibilities. The step-by-step principle of voltage regulation at the "nominal" operating interval of the mechanism does not have a regulator for effective voltage setting depending on the load level. Therefore, the authors proposed a control system [4] that takes into account such a drawback.

The proposed schematic solution in Fig. 1 [4] includes three power modules 1 of the same type, each of which includes a voltage transmitter U_c 9, connected to the synchronization blocks of the positive BC^+ and negative BC^- 10 half-wave mains voltage, in series with them (first input) modulation and amplification units BM and Π 12 are installed, which control the keys $Vt1$, $Vt2$ 13 powering the phase coil of the motor L 14 from the source $G1$ 15, and the second input of BM and Π 12 is connected to the generator of adjustable pitch of the $\Gamma PIII$ 6 connected in series with the element "I" 11. The other input "I" 11 through bus 17 is connected to the microcontroller MK 7. The input of $\Gamma PIII$ 6 and the output of the intensity setter $3I$ 5 are connected to each other, and the input $3I$ is connected to MK 7. Button post 8, load ΔH 4 and through bus 17 the counter $\Psi\Psi$ 15 are also connected to the digital ports of MK 7. The mechanical part of the drive includes the rotor of the motor 2, the working machine 3, which are combined with the load ΔH 4.

The control method is carried out in the following sequence. At the design stage, with a known change in the steady state slip of a specific electric machine, the parameters of the voltage regulator are accepted, the permissible range of the actual mechanical load, for which the step frequency change mode is turned on, the constant $3I$ 5 of block 1 and the exposure setting of time are determined.

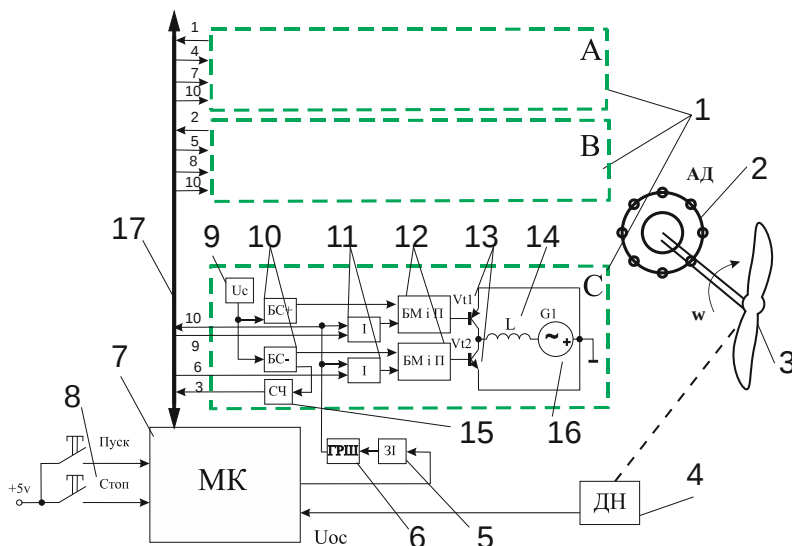


Figure 1. Functional diagram of complex control.

10. In the rest, the smooth start of the system is carried out by the keys V_{t1} , V_{t2} 13, which regulate the voltage on the motor stator L 14, 2. After the end of the time delay, the ДН sensor 4 is turned on. In the case of an actual load that has a level of the permissible range, the software MK 7 switches the smooth mode start on the first effective. That is, a non-linear voltage regulator with a functional dependence on the actual load is turned on, due to which at the input of ЗІ 5 the task voltage is formed for the rational regulation of power supply by the motor 14. If the actual load falls below the minimum limit, MK 7 blocks the voltage regulation mode and turns on the counters 15 to reduce the frequency by half. Under such conditions, the power supply voltage is reduced by the ГПШ 6 corresponding to the task, which also forms the MK 7. When the load returns, the system turns on the effective one mode again. The system is stopped by pressing the "Stop" button. The result of removing the signal 1 from the second input "I" 11, returning the ЗІ 5 to the initial conditions and closing the power switches V_{t1-2} 13, which will de-energize the motor.

Profit when using the proposed method of controlling an asynchronous motor is achieved with a comprehensive approach to rational energy consumption, relative simplicity of the control system, reduction of dynamic loads in transient modes and improvement of equipment efficiency while simultaneously reducing capital and current costs.

1. Бородай В.А., Боровик Р.О., Нестерова О.Ю. Спосіб синтезу регулятора енергоефективного управління асинхронним приводом механізмів без прямої стабілізації швидкості. *Електротехніка та електроенергетика*. 2019. № 3 С. 16–23. DOI 10.15588/1607-6761-2019-3-2.
2. Бородай В.А., Ковальов О.Р., Нестерова О.Ю. Параметричне керування ефективністю асинхронного приводу засобами перетворювача з підвищеним коефіцієнтом потужності. *Електротехніка та електроенергетика*. 2020. № 2. С. 8–16. DOI 10.15588/1607-6761-2020-2-1.
3. Ковальов О.Р., Нестерова О.Ю., Бородай В.А. Автомат керування ефективністю асинхронного приводу з функцією плавного пуску. *Microsyst Electron Acoust*, 2021, vol. 26, no. 2 DOI: 10.20535/2523-4455. mea.235881.
4. UA 151636 U Україна, МПК (2022) H02K 19/36. (Патент на корисну модель) Спосіб керування асинхронної машини / В.А. Бородай, О.Ю. Нестерова; заявник і патентовласник НТУ «Дніпровська політехніка»; Заяв. № u 2021 06874 від 02 грудня 2021 р.; опубл. Бюл №34 від 25.08.2022.

According to the selected parameters, the selection of electronic components is carried out, and other data are entered into MK 7 by software.

Pressing the "Start" button 8 simultaneously starts the timer on MK 7 and supplies signal 1 to "I" 11 and a voltage of 10 V to the input of ЗІ 5. The latter starts the integration of the voltage at the input of ГПШ 6, which changes the gap, and thus implement the process soft start. Blocks БМ and П 12 carry out pulse-width modulation of the permission signal, which is fixed by the encoder U_c 9 and synchronized by blocks BC

PREDICTIVE CONTROL BASED ON NEURAL NETWORKS AND THE ARTIFICIAL BEE COLONY ALGORITHM APPLIED TO INDUCTION MOTOR

Phd Student Melahi A.¹, Prof. Bendahmane B.²

¹ *Laboratoire de Maitrise des Energies Renouvelables, Faculté de Technologie, Université de Bejaia, 06000 Bejaia, Algérie*

² *Laboratoire de Génie Electrique, Faculté de Technologie, Université de Bejaia, 06000 Bejaia, Algérie*

Within this paper, a step to design model free controllers is presented. The principle is to use predictive control architecture: prediction, optimization, application of the control.

The general idea to design the predictor is to use neural networks known for their ability as universal approximators [1-3]. The neural network must be adequately designed (number of layers, of neurons, of inputs/outputs). This is due to the learning process that must be fulfilled in the range of the sampling rate. The data used must be consistent and not very large. Here comes the use of the recent history of the behavior of the system under control or of a data base regrouping different behavior of the system. The ability to generalize, extrapolate and noise reduction favorites the use of neural nets to predict the values of the signals of the system in the near future (horizon H). The neural network's inputs and outputs are related as shown in (1):

$$O_k = \sum_{l=1}^L w_{kl}^2 f_l \left(\sum_{p=1}^P w_{lp}^1 I_p \right) \quad (1)$$

The minimization step of the predictive control uses certain criterion leading to reducing the deviation of the output signals of the system from their desired values in the prediction horizon H. in this work, the optimization is based on the Artificial Bee Colony algorithm (ABC algorithm) in which the behavior of honey bees is copied. In fact, there are three kinds of bees: employed foragers, scouts and onlookers. The employed foragers have one source of food shared with others in certain probability. The scouts search for new sources of food. The onlookers share information with the employed foragers in order to find food. This behavior is transposed here to find a good (optimal, suboptimal, quasi optimal) control signals to apply to the system under control. The position of the *i*th bee on the *t*th iteration is generated by [4-8]:

$$X_{i,d}(t) = L_d + \text{rand}(0,1) \cdot (U_d - L_d) \quad (2)$$

where L_d and U_d are the bounds for $X_{i,d}$ and d stands for the dimension d . The employed foragers update their position according to the equation below:

$$v_{i,d}(t+1) = x_{i,d}(t) + \varphi \cdot (x_{i,d}(t) - x_{j,d}(t)) \quad (3)$$

where v is the increment to add to x , φ is random with uniform distribution on the range $[0,1]$. The symbols i and j are different (bees) in $\{0, \dots, M\}$ with M the size of the colony. The onlookers have to choose the food sources according to their quality presented as probability computed as follow (4):

$$p_i = \frac{fit_i}{\sum_{j=1}^N fit_j} \quad (4)$$

$$fit_i = \begin{cases} \frac{1}{1 + f(i)}, & f(i) \geq 0 \\ 1 + |f(i)|, & f(i) < 0 \end{cases}$$

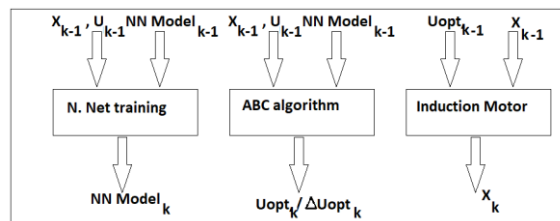


Figure 1. Predictive controller based on NN and ABC algorithm.

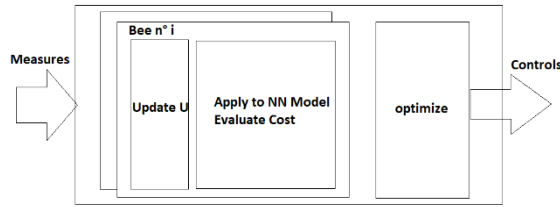


Figure 2. ABC algorithm for optimization

The system under control is an induction motor modeled in the dq-frame. The objective is to track the reference signal optimally. The criterion to minimize is based on the errors between the statoric currents (isd , isq) and their reference values (isd^* , isq^*) respectively. This criterion is applied to future signals within the prediction horizon H . The optimization leads to get the optimal control signals (Usd , Usq)_{opt} or their optimal increments (ΔUsd , ΔUsq)_{opt} according to our choice. In the first case, we can see slight changes in the control signals leading to chattering effect which can be reduced using adequate filters. In the second case, the chattering is eliminated. We can also include the control signals and/or their increments in the criterion in order to enhance the control and the performance of the system in the closed loop.

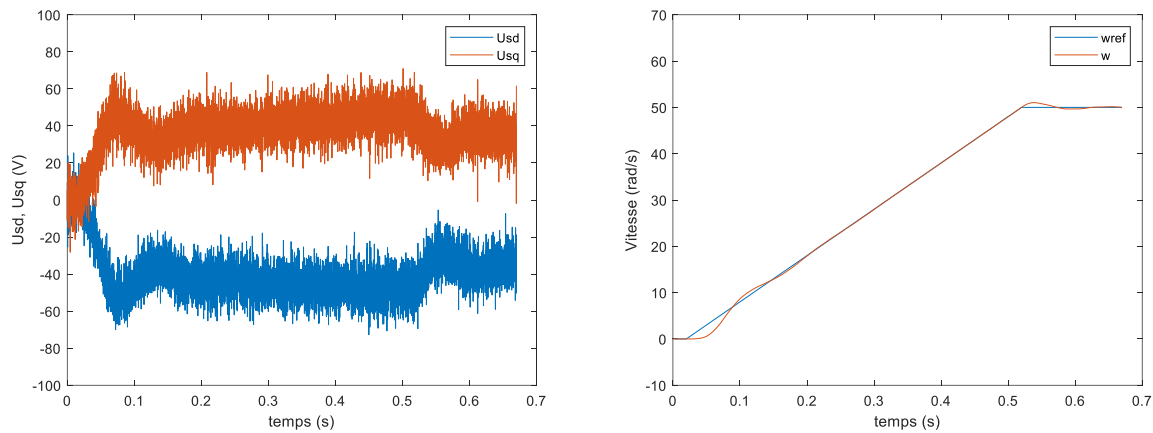


Figure 3. Simulation results

The results presented in figure 3 show the great performance of the control strategy in terms of good tracking despite that the controller has no intrinsic information on the system itself but only the input/output signals of the system under control.

This type of controllers needs heavy parallel computing because of the use of agents (neurons and bees).

1. Yin, S., Zengqiang, C., & Zhuzhi, Y. (2007). New chaotic PSO-based neural network predictive control for nonlinear process. *IEEE Trans Neural Netw.*, 18 (2), 595-600.
2. Zhou, C., Ding, L. Y., & He, R. (2013). PSO-based Elman neural network model for predictive control of air chamber pressure in slurry shield tunneling under Yangtze River. *Automation in Construction*, 36, 208-217.
3. Sabzevari, S., Heydari, R., Mohiti, M., Savaghebi, M., & Rodriguez, J. (2021). Model-free neural network-based predictive control for robust operation of power converters. *Energies*, 14,2325, 1-12.
4. Wang, Z., Qin, C., Wan, B., & Song, W. W., A comparative study of common nature-inspired algorithms fo continuous function optimization, *Entropy* 2021.
5. Melahi, A., Bendahmane, B., Robust manipulator control using quantified predictive control based on neural networks and particle swarm optimization, *EPEE* 2022.
6. Brownlee, J., *Clever algorithms: Nature-inspired programming recipes*, First Edition Lulu. 2011.
7. Du, K.-L. *Search and optimization by metaheuristics: techniques and algorithms inspired by nature*, Springer, 2016.
8. Chan, F. T. S., Tiwari, M. K., *Swarm intelligence: Focus on ant and particle swarm optimization*, I-Tech Education and Publishing, 2007.

EVALUATION OF FILTER MEDIA CHARGE BY DC CORONA DISCHARGE

Dr. Messaoudène A., Dr. Rahmani A., Prof. Bendahmane B.

Laboratoire de Génie Electrique de Bejaia, Faculté de Technologie, Université de Bejaia, Algérie

Objectif

Corona discharge is used in large variety of electrostatic processes, such as separation of granular materials [1], charging of fibrous nonwoven media for air filters [2], dust precipitation [3]. The present work aims to charging of two types of non-woven media used in air filters based on the negative DC corona discharge generated by a triode configuration.

Experimental approach

The triode configuration consists of a cylindrical dual electrode, a grid connected to ground through a resistor during sample charging, and a grounded plane. A DC high-voltage power supply was employed for the corona-charging of the samples (Figure1). The experiments were performed on samples of blue and white filtering non-woven media.

The electrical charge was evaluated by measuring the electrical potential at the surface of the films using a non-contact electrostatic voltmeter. We have used the surface potential profile and decay SPD measurement techniques for monitoring the charging state of the filters media. These techniques make it possible to plot the potential Vs at the surface of the sample as a function of time t.

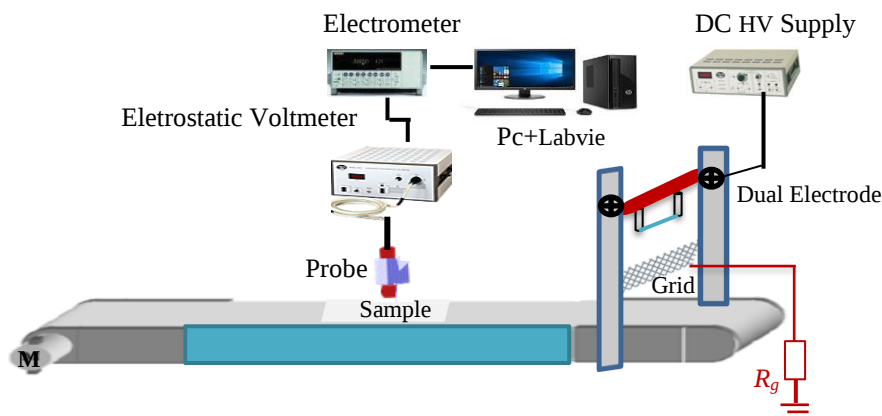


Figure 1. Experimental set-up for the measurement of the surface potential after samples charging

Results

Figures 2 and 3 illustrate the surface potential decay curves at the center of the two blue and white filtering fibrous samples for a charging carried out with a charging potential $V_g = -1.5$ KV. The spacing between the grid and the sample is 15 mm. the rate of decay of the surface potential is attributed to bulk and shallow surface charge carriers. Thus, the decay tendency is determined by charge penetration and overall polarization during charging procedure.

Figure 2 shows that the rate of weakening of the surface potential obtained for the white fibrous media is 5.34%, compared to its initial value after 900 s. From the surface potential decay curve in Figure 3, the surface potential decay rate for the blue fibrous media is 6.5% from its initial value after only 300 sec.

The initial surface potential obtained for the white fibrous media is higher than that obtained for the blue fibrous media.

In the fibrous media-based filter manufacturing industry, filtration efficiency depends on the ability of the dielectric to retain these charges as long as possible.

Figure 4,5 present the surface potential profiles after the deposition of charges on the surface of the blue and white fibrous filter media, with a grid potential of -2.5 kV. The samples were exposed

to the ions generated by the corona discharge of negative polarity for 10 seconds, then transferred to the measuring station for the reading of the profile of the surface potential of the deposited charge.

The surface potential profiles of the charge deposition show the non-uniformity of the deposited charge and this is due to the non-homogeneous structure of the fibrous media [4, 5]. These curves also show that the maximum value of the surface potential is obtained for the white fibrous media. This maximum essentially is fixed by the dielectric strength of the air, and this means that the number of charges deposited is limited.

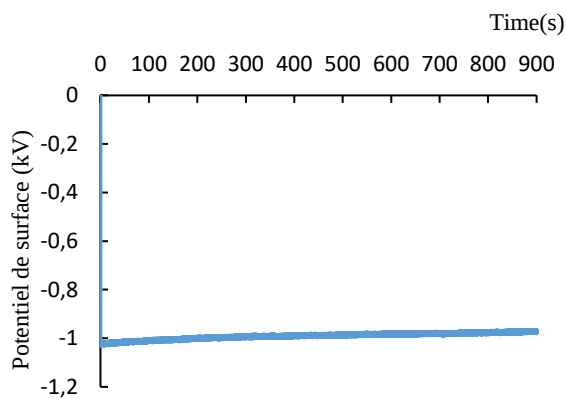


Figure 2. Surface potential decay, blue fibrous filter media

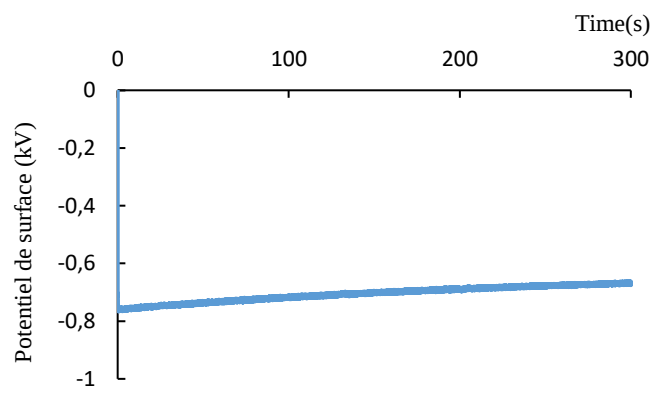


Figure 3. Surface potential decay, white fibrous filter media

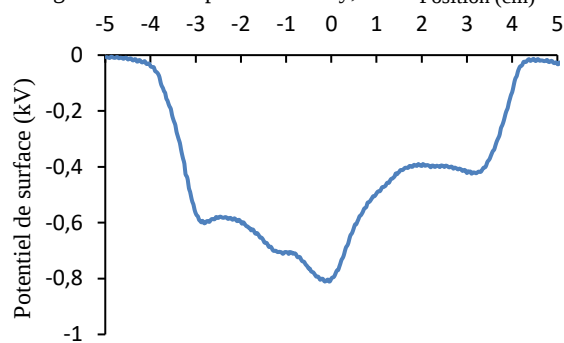


Figure 4. Profile, blue fibrous filter media

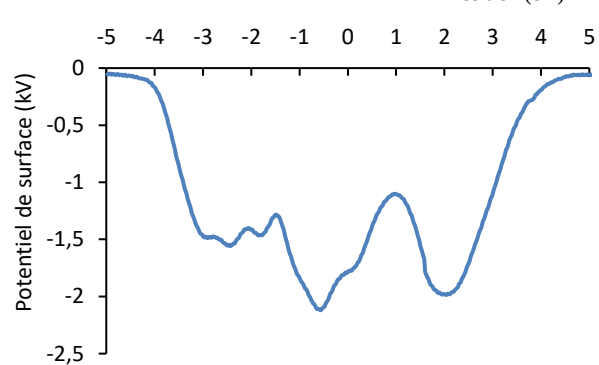


Figure 5. Profile, white fibrous filter media

References

1. Dascalescu, L., Morar, R., Juga, A., Samuila, A., & Neamtu, V. (1998). Electrostatic separation of insulation and conductive particles from granular mixes. *J. Particulate. Sci. Technol.*, vol.23, pp. 25–42.
2. Tabti, B., Mekidèche, M., Plopeanu, M., Domitran, L.M., Herous, L., & Dascalescu, L.(2010). Corona charging and charge decay characteristics of non-woven filter media. *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol.46, pp. 634–640.
3. Long, Z., Yao, Q. (2010). Evaluation of various particules charging modele for simulating particule dynamics in electrostatics precipitators. *J. Aerosol Sci.*, vol.41, pp.702–718.
4. Bendahmane, B., Messaoudène, A., Dascalescu, L. (5-31 July 2020). Alternating Current Corona of Charged Filters Media, *IEEE 3rd International Conference on Dielectrics*, Valencia (Spain).
5. Messaoudène, A., Dascalescu, L., Bendahmane, B., Yahiaoui, B., Mekidèche, R. (4-5 December 2019). Experimental study of the active and controlled neutralization of polypropylene nonwoven media, *The Electrical Engineering International Conference (EEIC'2019)*, Bejaia (Algeria).

CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTICS OF MULTI-NEEDLE-PLAN CORONA ELECTRODE CONFIGURATIONS

Dr. Rahmani¹ A., Dr. Messaoudene¹ A., Ph.D. Chibane¹ O., Dr. Smili^{2,3} K.

¹Laboratoire de Génie Electrique de Bejaia, Université de Bejaia 06000, Algeria

²Higher School of Industrial Technologies, Safsaf city, B.P. 218, Annaba 23000, Algeria

³Laboratory of Electromechanical Engineering, UBMA, Algeria

Introduction:

Corona discharge is employed in many industrial processes: ozone production, air ionization, separation of granular mixtures [1]. A wide variety of corona electrodes have been developed for the various types of installations: electric air filters, plasma chemical reactors, ozone generators [2].

The aim of this work is to characterize the multi-corona electrode by measuring the current-voltage characteristics of the corona discharge generated by this electrode. In this work, we have taken in consideration, geometrical parameters, the number of tip and the distance between any two of them.

1. Materials and methods:

Figure 1 represents the experimental setup. The experiments were carried out with different models of electrodes, ranging from one to five needles of 0,75 μm in radius of curvature and spaced by a variable distance $d = 20, 40, 60$ and 80 mm. Needles are suspended perpendicularly on a plexiglas support at a distance $h = 40$ mm from the ground plane and supplied by the DC-HV source of 0V to ± 140 kV, 0.08 A. A set of three plate electrodes, composed of a measuring plane (P) surrounded by two grounded guard plates (G), is placed at a distance h from the wire. Each plate is of dimensions 147×780 mm x 1mm. All tests were performed in ambient air at atmospheric pressure.

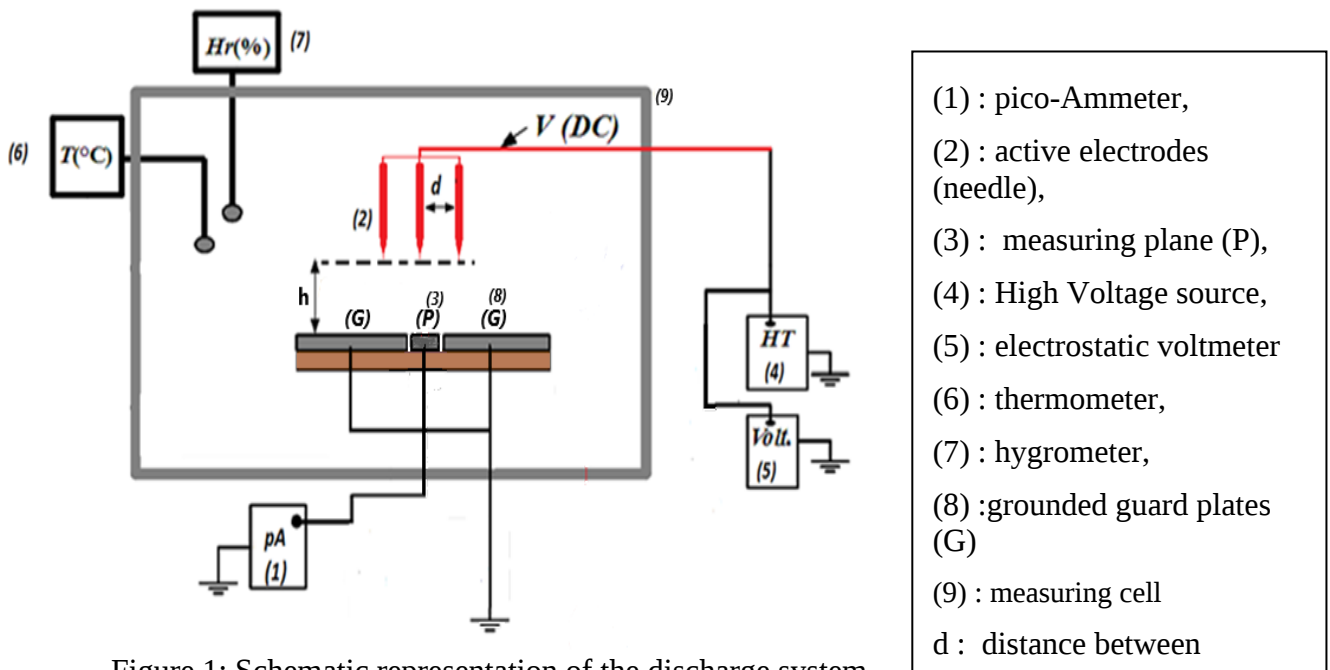


Figure 1: Schematic representation of the discharge system multi-needle - plan configuration (side view)

2. Influence of the number of needles:

The curves in Figure 2 were obtained using multi-needle electrode ranging from 1 to 5 spaced by $d=40$ mm. The curves show that the current increases with the applied voltage (V) when it exceeds a corona inception voltage. The Current-Voltage characteristics follow the well-known quadratic law of Townsend [3].

We also note a significant growth of the current generated by the corona discharge with the increase of the number of needles. This can be explained by the increase of the number of ionized regions around each added needle.

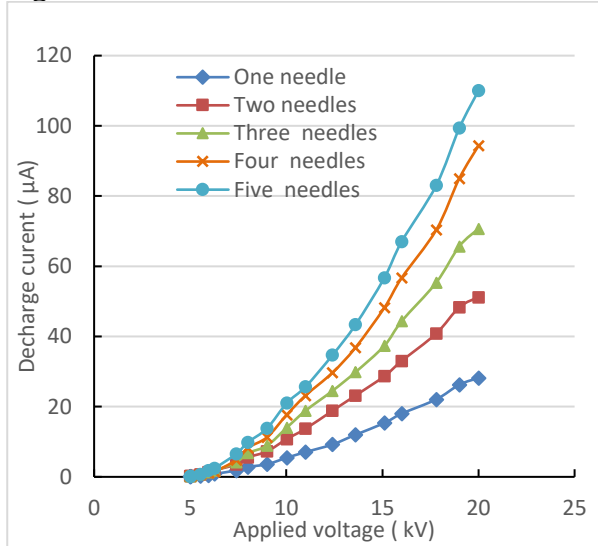


Figure 2 Current-Voltage characteristic as function of the number of needles ($T=21^{\circ}\text{C}$, $H_r=62\%$).

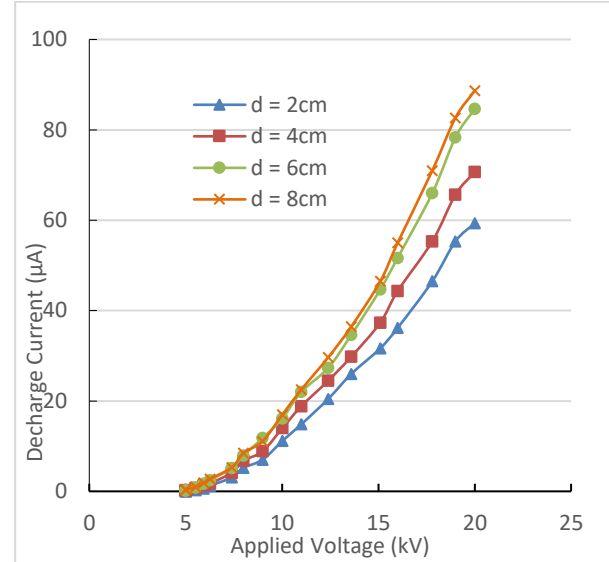


Figure 3. Current-Voltage characteristic as a function of the inter-point distance d for three needles, ($T=21^{\circ}\text{C}$, $H_r=64\%$).

3. Influence of the distance between needles:

The I-V characteristics were measured for various values of the inter-needle spacing d in three needle-plane electrode configurations. The results obtained are shown in Figure 3. It is noted that the recorded current varies according to the distance d between needles. Indeed, for the same applied voltage, there is an increase in the discharge current when the needles spacing increases.

This can be attributed to the mutual interactions between the discharges generated by the needles (shielding effect), which effect decreases as the distance between the needles increases [4].

References:

1. A. Kasdi, (2016). Computation and measurement of corona current density and V-I characteristics in wires-to-plates electrostatic precipitator, *J. Electrostat.* volume number (81), pp.1–8.
2. A. Reguig, A. Bendaoud, B. Neagoe, Y. Prawatya, L. Dascalescu, (2016). Distribution at the surface of insulating materials exposed to corona discharges from various electrode configurations. *J. Electrostat.* volume number (82), pp.55–62.
3. Townsend, (1915). “Electricity in Gases,” Oxford University Press.
4. O. Chibane, A. Rahmani, K. Smili, B. Bendahmane, L. Dascalescu, A. Kasdi. (2021). Experimental characterization of multi-wire corona electrode configurations. *J. Electrostat.* volume number (111), pp.1-6.

FUZZY CONTROL OF AN ELECTROMECHANICAL SYSTEM POWERED BY RENEWABLE ENERGY

Dr. Serir C.¹, Dr. Bensmail S.², Dr. Tadjine K.¹, Prof. Rekioua D.¹

¹LTII laboratory, Electrical Engineering Department, University of Bejaia, Algeria

²LTII laboratory, Electrical Engineering Department, University of Bouira, Algeria

Abstract. The main objective of this contribution is to show the importance of optimization and control by artificial intelligence of an electromechanical system consisting of a centrifugal pump driven by a three-phase asynchronous motor with a squirrel-cage rotor which is powered by a photovoltaic source through a sine-triangle pulse-width modulated voltage inverter (PWM). In order to maximize the efficiency of the proposed photovoltaic pumping system (PVPS) and optimize energy efficiency whatever the weather conditions, fuzzy logic controller (FLC) is used.

I. Optimization and intelligent command of a photovoltaic pumping system

Based on our requirements, we determine the size of the various components of the system under study, consisting of a photovoltaic (PV) system with 12 SHARP NT175E1 175 Wc panels, a 1.5 KW induction motor, centrifugal pump, and a reservoir an 80 m³ water tank to meet a family's domestic needs. The dynamic head is around 10 m and the nominal flow rate is 23 m³/h.

The power system diagram for the system under study is shown in the following figure:

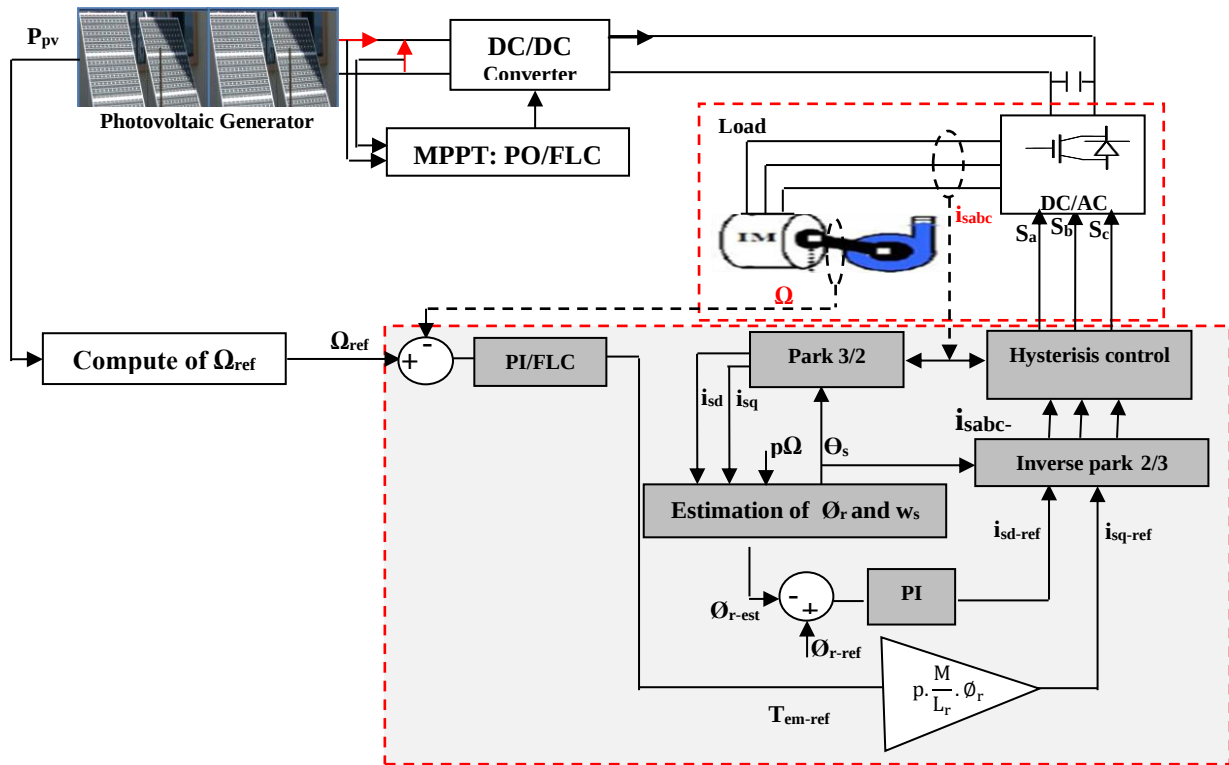


Figure 1. Global system studied

II. Simulation results

First, we simulate the photovoltaic pumping system with the perturbation and observation (PO) technique, and to regulate the motor speed (AS) we apply vector control with PI, then simulate the overall system with the FLC, under irradiation and temperature for 31 days in July, these values are given as mean values.

Simulation results show that the control with the FLC is more efficient in terms of stability, precision and speed to reach the maximum power point (figure 2, 3, 4, 5 and 6).

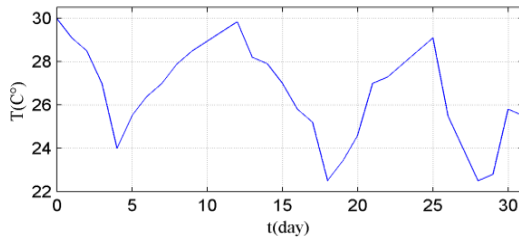


Figure 2. Profile temperature

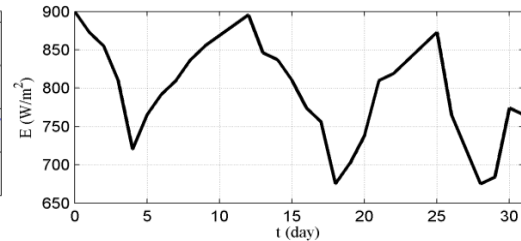


Figure 3. Profile solar irradiance

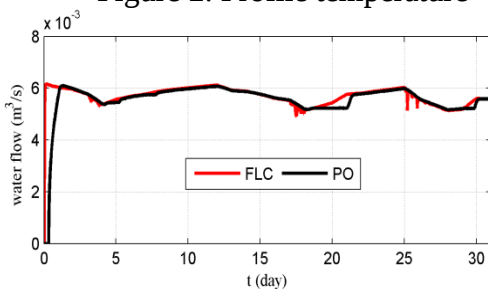


Figure 4. Water flow

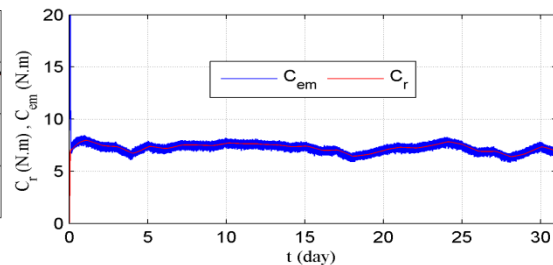


Figure 5. Electromagnetic and resistive torque

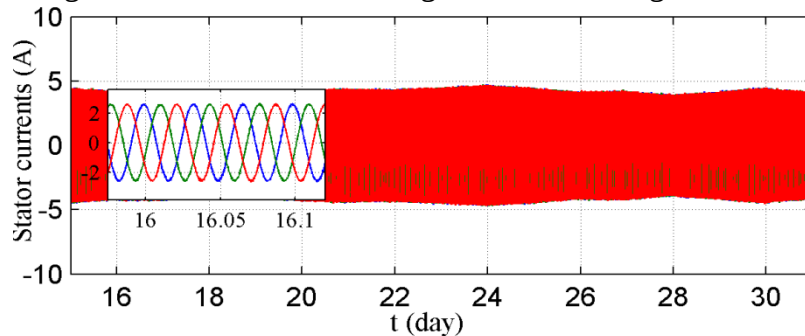


Figure 6. Waveform of stator currents

1. Rekioua, D., Bensmail, S., Serir, C., & Rekioua, T. (2023). Power supervision of an autonomous photovoltaic/wind turbine/battery system with MPPT using adaptative fuzzy logic controller. *International Journal of Applied Power Engineering (IJAPE)*, 12 (1), 90-101.
2. Tadjine, K., Rekioua, D., Belaid, S., Rekioua, T., & Logerais, P. O. (2022). Design, modeling and optimization of hybrid photovoltaic/wind turbine system with battery storage: Application to water pumping. *Journal homepage: <http://iieta.org/journals/mmep>*, 9 (3), 655-667.
3. Serir, C., & Rekioua, D. (2017). Vector control of a motor pump system powers by a photovoltaic generator optimized by fuzzy logic control. *Revue roumaine des sciences techniques-serie electrotechnique et energetique*, 62 (4), 375-380.
4. Mohanty, S., Subudhi, B., & Ray, P. K. (2016). A new MPPT design using grey wolf optimization technique for photovoltaic system under partial shading conditions. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*. 7 (1), 181-188.
5. Serir, C., & Rekioua, D. (2015). Control of photovoltaic water pumping system. *Journal of Electrical Engineering*, 15 (2), 339-344.

NEUTRALIZATION OF ELECTROSTATIC CHARGES ON THE SURFACES OF PP FILMS AND NONWOVENS BY ALTERNATING CORONA DISCHARGE

Dr. Yahiaoui B., Prof. Bendahmane B., Melahi A., Kasdi A.

Laboratoire de Génie Electrique, Faculté de Technologie, Université de Bejaia, Algeria

1. Introduction

In this work we present the results of the active neutralization of electrostatic charges on the free surface of polypropylene dielectrics of nonwovens fibrous and films by dual-plane electrode system. The objective of this work is to compare the efficiency of neutralizing electrostatic charges on the free surfaces of the PP film and PP nonwoven. The results permit to determine the influence of the surface structure on the neutralizing efficiency. The neutralization efficiency is obtained by the non-contact sampling of profiles of the surface potential before and after neutralization. Charge neutralization was performed 900 s after charging process, using high alternating voltages at different frequency and different amplitudes. The neutralization is carried out in motion mode; the sample passes through the alternative discharge region with a constant speed of 3 cm/s.

2. Materials and methods

The experiments were performed on 120 x 9 mm² samples, at ambient air temperature (18°C to 24°C) and relative humidity (50% to 61%). The electric charging of the samples was performed using a triode electrode system (Figure 1) composed of a high-voltage wire-type dual electrode, facing a grounded plate electrode (aluminum, 165 mm x 115 mm), and a grid electrode.

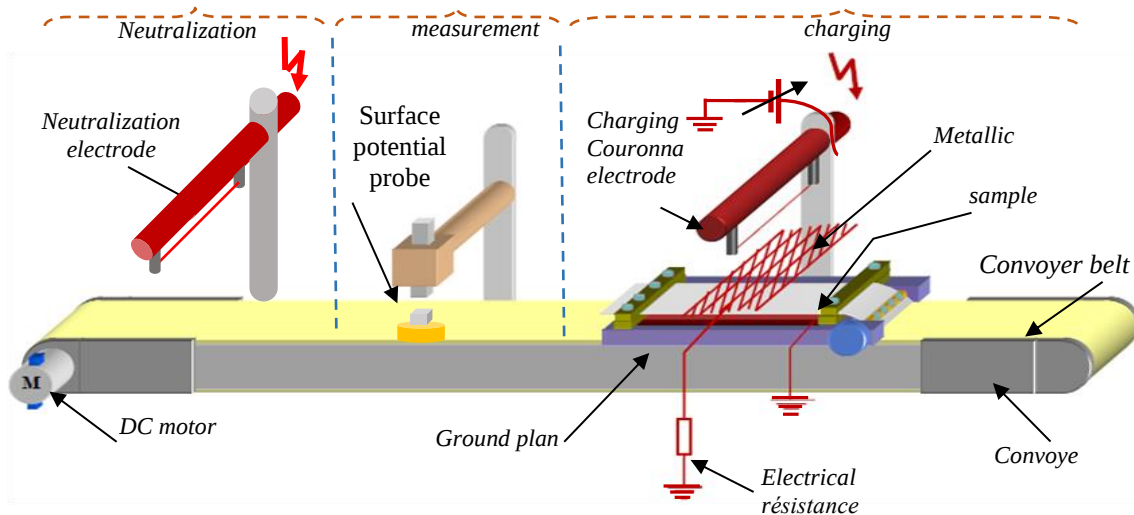


Figure 1. Experimental set up.

The high-voltage electrode consists in a tungsten wire (diameter 0.2 mm) suspended by a metallic cylinder (diameter 26 mm) at 34 mm distance from the axis. The wire and the cylinder were energized from the same adjustable high-voltage supply. The distances between the wire and the grid and between the grid and the surface of the plate electrode were 15 mm.

In this way, for a current intensity I , a well-defined potential ($V_g = RI$) is imposed between the grid and the grounded plate on which the samples are deposited. The potential at the surface of the media V_{surf} is limited by the potential of the grid V_g or by the partial discharge voltage of the sample V_b . In all the experiments described hereafter the sample were charged positively with grid potential $V_g = 2$ kV for 10 s. A conveyor belt supported the sample carrier and transferred it from the charging position

to the surface potential measurement and charge neutralization sections of the experimental set-up. Immediately after the high-voltage supply of the corona charger was turned off. The conveyor belt transferred the samples at a constant speed through the measurement section. Thus, the repartition of the surface potential along the central axis Ox of the sample was measured with an electrostatic voltmeter equipped with an electrostatic probe. The neutralization was performed with a dual wire-type electrode; the neutralizer – sample spacing was 50 mm (Figure 1).

The neutralization electrode was connected to a high-voltage amplifier. The amplitude U_n and the frequency f of the high-voltage were adjusted using a synthesized function generator. In order to follow the decay of the surface potential and get a relatively stable charge, neutralization is carried out after 900 s of the charging turn off. Neutralization with the dual electrode system is in motion 3 cm/s. The profiles of the surface potential obtained before and after the neutralization using the previously described method. The neutralization rate N was expressed in function of V_1 and V_2 , which were the maximum recorded values of the potential along the central axis Ox of the sample respectively before and after neutralization $N [\%] = 100 [1 - \text{abs}(V_2/V_1)]$.

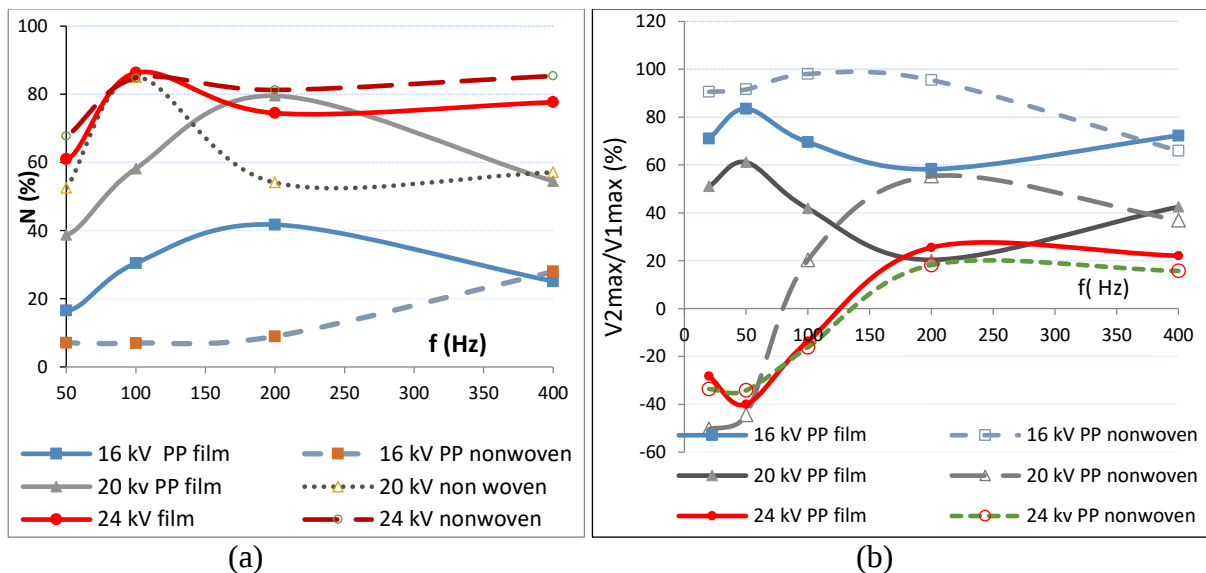


Figure 2. Variation of the neutralization rate $N\%$ (a) and of the surface potential ratios V_2 / V_1 100 (b) as a function of the frequency f of the sinusoidal neutralization voltage of amplitude $U_n = 16, 20$ and 24 kV, the neutralization in motion mode (the speed of the sample: 3 cm / s).

Références

1. Yahiaoui B., Tabti B., Megherbi M., Antoniu, A. Plopeanu M.C., and Dascalescu L. (2013). AC corona neutralization of positively and negatively charged polypropylene non-woven fabrics. *IEEE Trans. Diel. Elect. Insul.*, volume 20, pp. 1516-1522,
2. Yahiaoui B., Megherbi M., Smaili A., Antoniu A., Tabti B., and Dascalescu L. (2013). Distribution of electric potential at the surface of corona-charged polypropylene nonwoven fabrics after neutralization. *IEEE Trans. Ind. Appl.*, volume 49, pp. 1758-1766, 2013.
3. Tabti B., Yahiaoui B., Bendahmane B., and Dascalescu L. (2014). Surface potential decay dynamic characteristics of negative-corona-charged fibrous dielectric materials. *IEEE Trans. Diel. Elect. Insul.*, volume 21, pp.829 – 835.

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОСВІТЛЕННЯМ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

д.т.н., проф. Богаєвський О.Б., студ. Тищенко Д.А.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Для підвищення безпеки експлуатації значної кількості автомобільних транспортних засобів потрібно удосконалення їх системи освітлення. Останнім часом все частіше почали комплектувати автомобілі системами адаптивного світла [1]. Такі системи здатні автоматично змінювати режим освітлення залежно від умов видимості, дорожньої обстановки, швидкості та напрямку руху, і навіть від фізичного стану водія. Основною складовою такої адаптивної системи освітлення є фара автомобіля досить складної конструкції з одним або двома вбудованими електроприводами, що дозволяє підлаштовувати систему освітлення під умови видимості і тим самим покращувати безпеку пересування всіх учасників руху.

Механічне перенесення конструкції адаптивного світла на будь-який автомобіль з метою модернізації системи освітлення представляє собою непростий і затратний процес.

Але якщо обмежити модернізацію додаванням однієї або двох додаткових функцій до штатних можливостей традиційної системи, то процес удосконалення можна значно спростити.

В роботі запропонований варіант удосконалення шляхом розширення освітлення бокової зони (узбіччя) при поворотах транспортного засобу вліво або вправо. Ця додаткова опція досягається встановленням на передньому бампері автомобіля зліва і справа додаткових малогабаритних фар на світлодіодах. Конструктивне рішення представлено на рисунку 1.

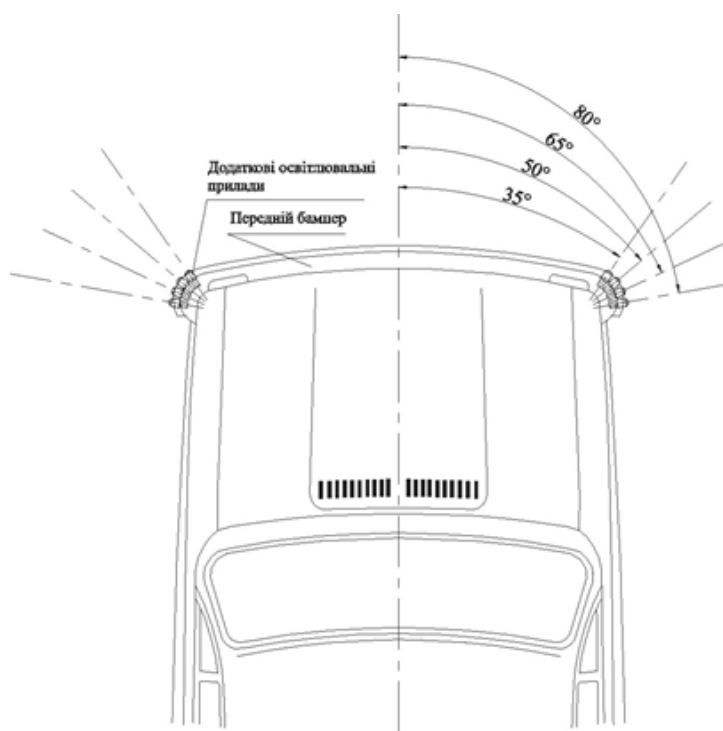


Рисунок 1. Приклад встановлення додаткових освітлювальних приладів

Алгоритм роботи модернізованої системи наступний. При кутах повороту передніх коліс до 10° в обидві сторони працює тільки штатне освітлення. Водій може здійснювати невеликі повороти, наприклад, перебудовуватися на іншу смугу, об'їжджати припарковані автомобілі, здійснювати обгін.

При повороті передніх коліс на кут понад 10° вмикається перша додаткова фара у бік повороту. Сектор освітлення збільшиться приблизно на 15° . При великих кутах повороту коліс через кожні 10° включатиметься наступна додаткова фара, збільшуючи сектор освітлення на 15° . На схемі вказана можливість збільшення сектора освітлення узбіччя до 45° .

Слід звернути увагу, що мікропроцесорний блок управління отримує інформацію від датчика повороту, встановленого на рульовій колонці. Для коректного обчислення кута повороту передніх коліс потрібно врахувати коефіцієнт передачі рульового редуктора і конструкцію рульових тяг моделі автомобіля, який проходить модернізацію. Всі ці моменти враховуються програмно, налаштування мають певні особливості, що визначаються маркою автомобіля.

Важливо відмітити, що запропонована ідея застосування жорстко закріплених на бампері додаткових освітлювальних приладів у вигляді матриці, де кожен прилад має свій кутовий сектор освітлення, дає змогу реалізувати завдяки лише управлінню «поворот» світлового променя в бік узбіччя без застосування приводного двигуна – актуатора. Тобто отримали поворот світлового променя без фізичного повороту додаткового освітлювального обладнання.

Додавання цієї опції (розширення освітлення узбіччя) до системи штатного управління освітленням авто є актуальним не лише для транспортних засобів цивільного призначення, а й для колісного транспорту військового призначення, оскільки впливає на підвищення безпеки руху в темну пору доби. А використання запропонованої ідеї значно спростить процес модернізації і забезпечить певний влад в розвиток методів і засобів електричної інженерії.

1. Тищенко О.В., Бевза О.М. Мікроконтролерна система керування головного світла автомобіля. *Матеріали XII-ї науково-практичної конференції «Перспективні напрямки сучасної електроніки»*. КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФЕЛ, 19-20 квітня 2018 р. С.93–98.

МОДЕРНІЗАЦІЯ СПОСТЕРІГАЧА СТАНУ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ НАВЕДЕННЯ БОЙОВИХ МАШИН

к.т.н., доц. Букарос А.Ю., к.т.н., доц. Сергєєв О.Ю., к.т.н., доц. Сергєєв В.В.

Військова академія (м. Одеса)

Системи наведення бойових машин сучасних зенітних ракетних комплексів оснащуються електроприводами постійного струму (ЕПС) з одно- та двозонними замкненими системами керування частоти обертання виконавчих двигунів [1]. Необхідність керування частотою обертання у двох зонах обумовлена жорсткими вимогами до швидкодії зазначених систем наведення. У якості датчиків зворотного зв'язку за частотою обертання зазвичай використовують тахогенератори, які своєю інерційністю погіршують швидкодію системи керування та точність відстеження цілей.

В роботі [2] запропонована структура адаптивного спостерігача стану (СС) для бездатчикового визначення частоти обертання Ω виконавчих двигунів електроприводів наведення бойових машин. Для з'ясування впливу невизначеності параметрів виконавчого двигуна [3] (опору обмотки якоря, моменту інерції якоря, магнітного потоку машини) було проведено дослідження розробленого СС засобами імітаційного моделювання [4], результати якого наведені на рис. 1.

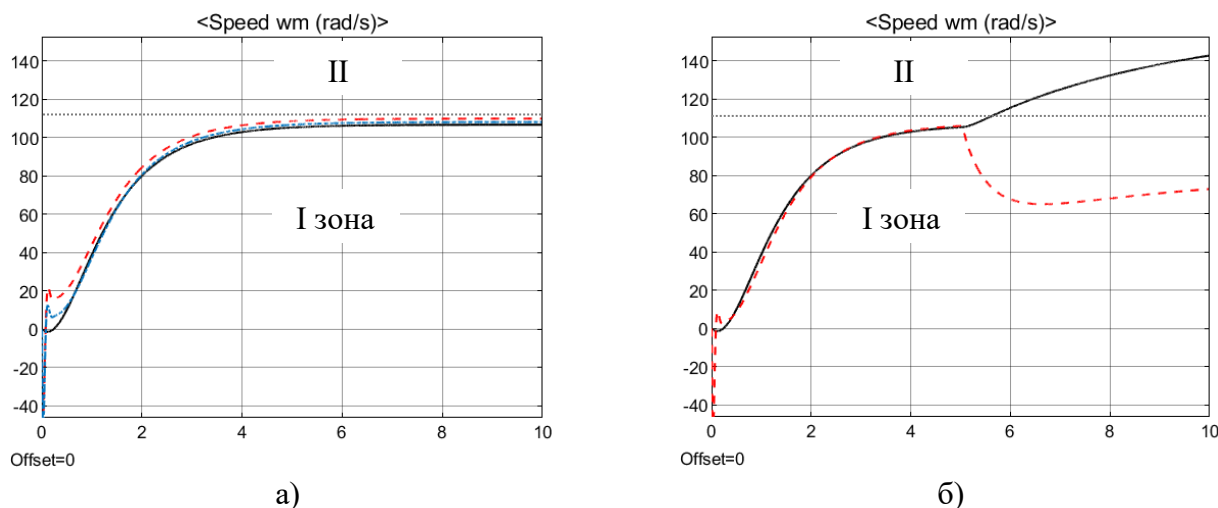


Рисунок 1. Результати імітаційного моделювання:

a – однозонного електроприводу (— частота обертання, --- оцінка частоти обертання при зміні активного опору обмотки якоря на 10%, - - - оцінка частоти обертання при зміні моменту інерції на 100%); *б* - двозонного електроприводу (— частота обертання, --- оцінка частоти обертання)

Аналіз рис. 1*a* показує, що пропонується в [2] СС має гарні показники адаптації до невизначеності активного опору обмотки якоря та моменту інерції якоря в межах 10% та 100% відповідно – відхилення оцінки частоти обертання в усталеному режимі роботи електроприводу не перевищує 4%. Однак при переході електроприводу в другу зону частот обертання, що досягається послабленням магнітного потоку двигуна (рис. 1*б*), СС становиться фактично непрацездатним, оскільки оцінка частоти обертання перестає відслідковувати її поточне значення.

Для усунення цього недоліку в даній роботі запропоновано удосконалення структури СС виконавчого двигуна електроприводу наведення зенітно-ракетного комплексу.

Рівняння математичної моделі синтезованого в [2] СС:

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt}\hat{M} &= -\frac{R_{\text{я}}}{L_{\text{я}}}\hat{M} - \frac{K^2}{L_{\text{я}}}\hat{\Omega} + \frac{K}{L_{\text{я}}}U \\ \frac{d}{dt}\hat{\Omega} &= \frac{1}{J}\hat{M} + L(M - \hat{M})\end{aligned}\quad (1)$$

де $R_{\text{я}}$, $L_{\text{я}}$ – опір та індуктивність обмотки якоря; J – момент інерції якоря; M – момент двигуна; L – коефіцієнт матриці Люенбергера; U – напруга живлення; складені у припущенні незмінності магнітного потоку Φ , а отже, й коефіцієнту K двигуна.

Очевидно, що при зміні магнітного потоку, зокрема, при його послабленні для отримання частот обертання вищих за номінальну, коефіцієнт K також буде змінюватися. У загальному випадку залежність $K=f(\Phi)$ нелінійна і визначається кривою намагнічення машини [3]. Але властивості робастності СС дозволяють йому працювати при деяких відхиленнях заданих параметрів від реальних значень. Тому допустимо лінеаризувати залежність $K=f(\Phi)$ і описати її аналітично у вигляді $K=L_{\text{яз}}\cdot I_3$, де I_3 – струм збудження виконавчого двигуна; $L_{\text{яз}}$ – взаємна індуктивність якірного кола та обмотки збудження. Таким чином, рівняння (1) можна перетворити до вигляду:

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt}\hat{M} &= -\frac{R_{\text{я}}}{L_{\text{я}}}\hat{M} - \frac{L_{\text{яз}}^2}{L_{\text{я}}}I_3^2 \cdot \hat{\Omega} + \frac{L_{\text{яз}}}{L_{\text{я}}}I_3 \cdot U \\ \frac{d}{dt}\hat{\Omega} &= \frac{1}{J}\hat{M} + L(M - \hat{M})\end{aligned}\quad (2)$$

На основі рівнянь (2) була складена структурна схема (рис. 2а) моделі модернізованого СС виконавчого двигуна електроприводу наведення зенітно-ракетного комплексу. Результати дослідження моделі наведені на рис. 2б.

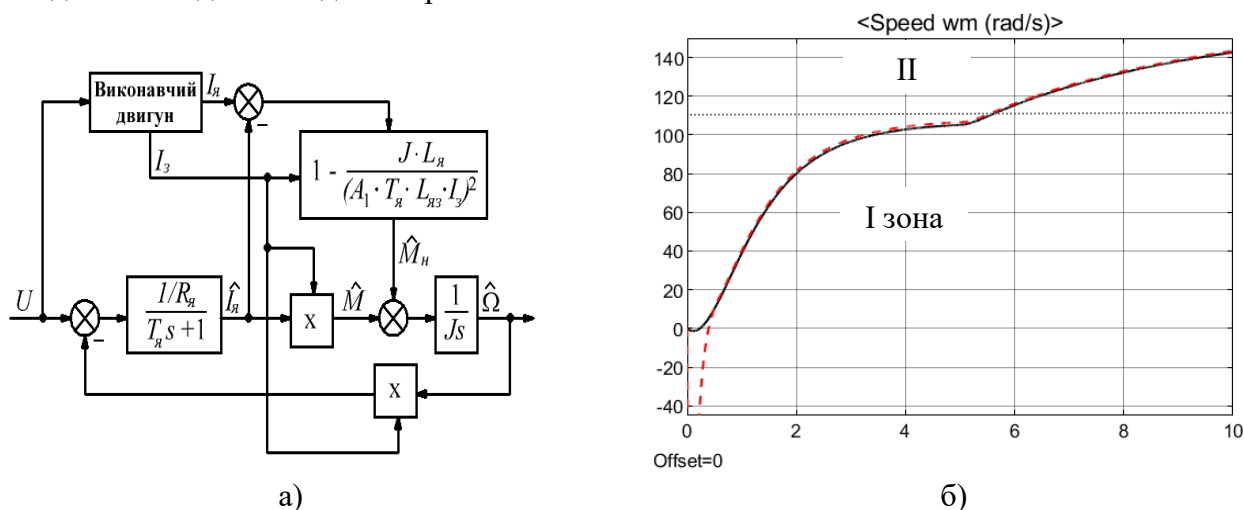


Рисунок 2. Модернізований СС виконавчого двигуна:

а – структурна схема моделі; б – результати моделювання
(— частота обертання, --- оцінка частоти обертання)

Як видно з рис. 2б модернізований СС повністю працездатний в обох зонах регулювання частоти обертання виконавчого двигуна, отже, поставлена задача вирішена.

1. Лащо Д., Коваль А., Букарос А. Оптиміальне налаштування позиційного електроприводу системи наведення зразків ракетно-артилерійського озброєння. *Національна безпека України*. 2021. № 4. С. 93–97.
2. Букарос А. Ю., Герега О. М., Сергєєв В. В., Обнявко Т. С., Коньков К. Д. Спостерігач стану електроприводів наведення бойових машин. *Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса)*. 2022. № 1(17). С.116–124.
3. Krause, P.C., Wasynczuk, O., Sudhoff, S.D. (2002). *Analysis of Electric Machinery and Drive Systems*. New York: Wiley-IEEE. 680 p. DOI:10.1002/9781118524336.
4. Томашевський В.М. *Моделювання систем: підручник*. Київ: Видавнича група BVH, 2005. 352 с.

СТРУКТУРНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ЕНЕРГОСИСТЕМ ТА ЇХНІ ДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

д.т.н., проф. Буткевич О.Ф.^{1,2}, Гурсьва Т.М.¹, к.т.н. Юнєва Н.Т.¹

¹ Інститут електродинаміки НАН України

² Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Повоєнне відновлення та розвиток об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України, значна частина об'єктів якої (за різними оцінками – близько 40%) зазнала непоправних руйнувань, має відбуватися у напрямі утворення поєднаних системотвірними лініями електропередавання нових локальних енергетичних систем, що характеризуються енергетичною самодостатністю (квазі-самодостатністю) з домінантною часткою в структурі генеруючих потужностей розподілених джерел генерування (РДГ), зокрема і відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), та наявністю потужної множини просьюмерів. Такі структурні зміни ОЕС України сприятимуть її перетворенню в «непотоплювану» певною мірою секційовану «енергетичну платформу», що забезпечуватиме надійне енергоживлення усіх сфер людської діяльності.

Розглянемо питання впливу зазначеної трансформації на динамічні властивості електроенергетичних систем (ЕЕС). В [1] наведено окремі результати досліджень впливу на динамічні властивості ЕЕС різних груп генеруючого обладнання меншої одиничної потужності, що за різними сценаріями моделювання сумарно замінювали потужність еквівалентного генератора однієї із модельованих теплових електростанцій. Зазначені результати було отримано з використанням тестової 6-машинної цифрової моделі ЕЕС. Наведені тут результати досліджень стосуються ЕЕС, утворених внаслідок трансформації моделі зазначеної 6-машинної ЕЕС до «розширених» ЕЕС (наслідки такого «розширення» ЕЕС – утворення двох ЕЕС, що зберігають наступність режиму 6-машинної ЕЕС, але відрізняються кількістю доданих об'єктів). У першій «розширеній» ЕЕС додано 12 РДГ і вона відрізняється від 6-машинної ЕЕС приєднанням двох контурів електромережі до шин 100 (на рис. 1 вони знаходяться праворуч від шин 100) та двох контурів – до шин 202 (на рис. 1 вони знаходяться праворуч та внизу відносно шин 202). В доданій електромережі сумарна активна потужність РДГ (на рис. 1 їх позначено як синхронні генератори, що видають потужність в

мережу через трансформатори), дорівнює сумарній активній потужності двох еквівалентних синхронних генераторів (СГ) Г-101 та Г-203 6-машинної ЕЕС, замість яких введено РДГ (на рис. 1 замість таких генераторів, зі збереженням позначень Г-101 та Г-203, показано СГ значно меншої одиничної потужності, що входять до складу введених РДГ). Друга «розширена» ЕЕС, схему якої наведено на рис. 2, наслідую першу «розширену» ЕЕС, але більша від неї на 20 РДГ.

З кінетичною енергією обертових мас СГ (турбогенератора) пов'язана стала інерції. У разі ЕЕС сталу інерції (T_{JEEC}) визначають за виразом (1)

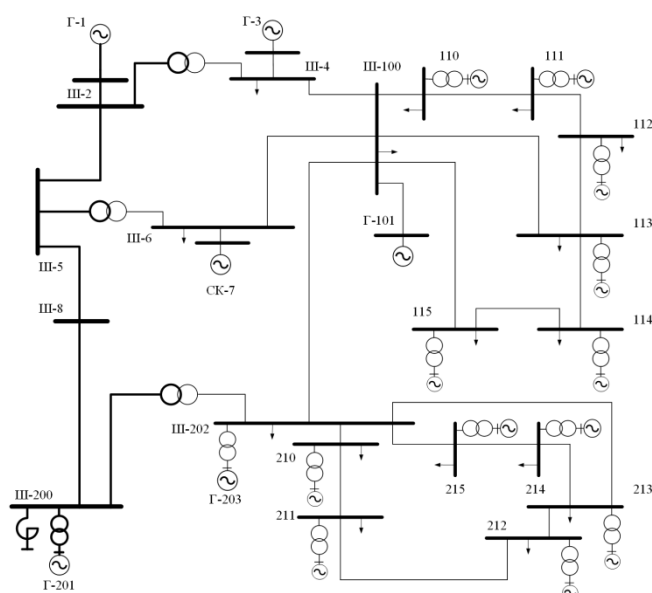


Рисунок 1. Схема 1-ї «розширеної» ЕЕС

$$T_{JEEC} = \sum_{i=1}^{i=n} T_{Ji} S_i / S_{EEC}, \quad (1)$$

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕНЕРГОСИСТЕМИ В НЕПОВНОФАЗНИХ РЕЖИМАХ

д.т.н., проф. Буткевич О.Ф., к.т.н., старш. досл. Кучанський В.В.

Інститут електродинаміки НАН України

Проблема аналізу граничних за статичною стійкістю режимів є дуже актуальною при проектуванні та експлуатації електроенергетичних систем (ЕЕС) [1,2]. Незважаючи на велику ступінь розробки питань планування та керування нормальними режимами роботи ЕЕС існують не розглянуті питання, які пов'язані з аналізом статичної стійкості, пропускну здатності та областей допустимих режимів у неповнофазних режимах роботи [3,4]. Відповідно, існуючі методи визначення граничних режимів орієнтовані на симетричні режими, у той час як у практиці експлуатації ЕЕС може мати місце значна поперечна та поздовжня несиметрія.

Регулярно в електроенергетичних системах виникають неповнофазні режими, що виникають при від'єднанні однієї з фаз групи шунтувальних реакторів [3,4]. Основною метою застосування неповнофазних режимів роботи автотрансформаторів та шунтувальних реакторів в електричних мережах напругою 330-750 кВ є збереження в експлуатації на достатньому рівні надійності електропостачання споживачів при виведенні в ремонт як плановий, так і післяаварійний окремих фаз цього обладнання.

Системні обмеження визначають умови надійності режиму енергосистеми та накладаються на параметри режиму роботи обладнання ЕЕС (рис. 1). У математичному вигляді обмеження описано наступним чином:

$$\begin{aligned} Q_{\min} &\leq Q_{ij} \leq Q_{\max}; \\ 0.95U_{\text{ном}} &\leq U_i \leq 1.05U_{\text{ном}} \\ P_{ij} &\leq P_{ij}^{\text{сп.режим}} \end{aligned} \quad (1)$$

де $U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга; $Q_{\min}$, $Q_{\max}$ – мінімальне та максимальне значення реактивної потужності; $P_{ij}^{\text{сп.режим}}$ – максимальне значення потужності; U_i – значення напруги в вузлі; Q_{ij} – реактивний потік потужності.

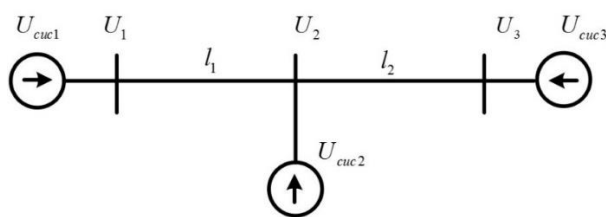


Рис. 1

$$P_i = P_{ii} + \sum_{j=1}^{n-1} P_{ij} \sin(\delta_{ij} - \alpha_{ij}) \quad P_{ii} = U_i^2 y_{ii} \sin \alpha_{ii} \quad P_{ij} = U_i U_j y_{ij} \cdot \sin \delta_{ij} \quad \delta_{ij} = \delta_i - \delta_j \quad (2)$$

де i, j – номери вузлів δ_{ij} – кут між векторами напруг вузлів i, j ; α_{ij} – додатковий кут аргументу опору; δ_i , δ_j – фази напруг; y_{ii} , y_{ij} – власні та взаємні провідності в рівняннях (2) розраховані через узагальнені постійні чотириполюсники відповідних елементів системи.

Оцінювання впливу від'єднання однофазних шунтувальних реакторів з кожної групи, що встановлені на підстанціях енергосистеми наведено на рис. 2. У разі некерованої поперечної компенсації шунтувальними реакторами робота можлива тільки на нижній кривій $P(\delta)$ (рис. 2) за умов симетричного режиму роботи. Завантаження міжсистемної лінії змінюється в широких межах та при від'єднанні одного шунтувального реактора з кожної групи. Запропоновано за умов неповнофазного режиму необхідно застосовувати керовані

шунтувальні реактори для регулювання пропускної здатності та нормалізації значень напруги вздовж ліній електропередавання та в вузлах енергосистеми.

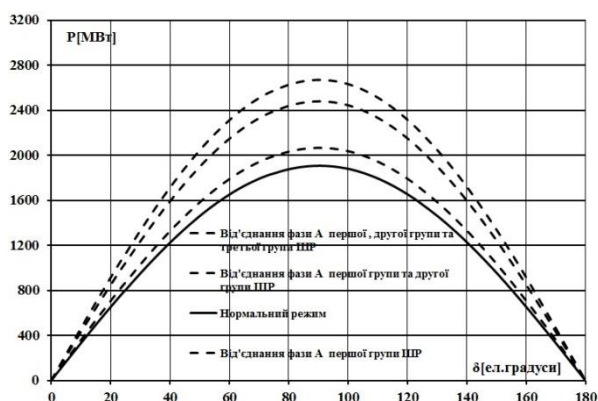


Рис. 2

З трьох взаємних кутів лише два є незалежними змінними та пов'язані співвідношенням

$$\delta_{12} + \delta_{23} + \delta_{31} = 0 \quad (3)$$

Граничний режим системи одержано послідовним обтяженням нормального режиму вихідного шляхом перерозподілу активних потужностей генераторних станцій. Граничному режиму системи відповідає максимум характеристики потужності станції за умов $\frac{dP}{d\delta} = 0$.

Для першої станції максимальне значення потужності, яке може бути передано від в систему, як впливає з (2), буде при $\delta_{12} = 90^\circ + \alpha_{12}$, $\delta_{13} = 90^\circ + \alpha_{13}$

$$P_{12} + P_{23} + P_{31} = 0 \quad (4)$$

Для визначення $P_1^{gr. режим}$ у загальному випадку необхідно встановити взаємозв'язок між P_1 та двома зазначеними незалежними взаємними кутами. Необхідну залежність можна отримати з рівняння

$$\frac{dP_1}{d\delta_{12}} = 0 \quad (5)$$

яке після перетворень можна записати наступним чином:

$$P_{12}P_{13} \cos(\delta_{12} - \alpha_{12}) \cos(\delta_{13} + \alpha_{13}) + P_{12}P_{23} \cos(\delta_{12} - \alpha_{12}) \cos(\delta_{23} + \alpha_{23}) + P_{13}P_{23} \cos(\delta_{13} - \alpha_{13}) \cos(\delta_{23} + \alpha_{23}) = 0 \quad (6)$$

Рівняння (6) з урахуванням співвідношення (3) дозволяє отримати залежність між взаємними кутами трьох станцій, при яких має місце максимум потужності першої станції $P_1^{gr. режим}$.

Виконано удосконалення методу визначення допустимих режимів, оцінювання запасів статичної стійкості та пропускної здатності на основі рівнянь граничних режимів енергосистем у неповнофазних режимах.

1. *Забезпечення стійкості енергосистем та їх об'єднань*: За заг. ред. акад. НАН України О.В. Кириленка. К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2018. 320 с. ISBN 978-966-02-8501-9
2. Кириленко О.В., Буткевич О.Ф., Черненко П.О., Білов І.В. Моделі, засоби та заходи забезпечення надійного та ефективного функціонування енергопостачальних компаній, балансування та розподілу електроенергії в ОЕС України. *Праці Інституту електродинаміки НАН України. Зб. наук. праць*. 2019. Вип. 53. С. 5-14.
3. Кучанський, В., & Малахатка, Д. (2021). *Заходи та технічні засоби підвищення ефективності режимів роботи магістральних електричних мереж: монографія*. Publishing House «European Scientific Platform», 120. <https://doi.org/10.36074/ztperrmrm-monograph.2021>
4. Зайцев Є., Кучанський В., Гулько, І. *Підвищення експлуатаційної надійності та ефективності роботи електричних мереж та електроустаткування: монографія*. Вінниця: ГО Європейська наукова платформа, 2021. 156 с. <https://doi.org/10.36074/penereme-monograph.2021>.

СИСТЕМА НЕЧІТКОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОНАГРІВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

к.ф.-м.н., доц. Вітюк М.В., ст. викладач Машін В.М.

Одеський національний морський університет, Одеса, Україна

В наш час широко застосовуються засоби автоматизації на базі нечіткої логіки та нейронних мереж. На сьогоднішній день нечітка логіка має великі переваги та можливості в системах автоматичного управління будь яких технологічних процесів і є сучасним рішенням для моделювання та проектування систем управління.

Системи регулювання температури електронагрівальних установок зазвичай складаються з використанням реле, тому в цій роботі зроблено аналіз роботи системи управління з нечіткою логікою та системі управління з використанням реле.

В пакеті моделювання Elcut була розроблена геометрична модель, яка складається з теплоізоляції зовнішньої поверхні, яка охолоджується конвекцією, ємності для води та нагрівача [1]. Для моделювання режиму роботи нагрівальної установки у режимі остигання було створено друге завдання нестационарної теплопередачі з граничними умовами конвекції. Для моделювання процесу включення та вимикання нагрівача необхідний ланцюжок, що складається з першого завдання, що змінюється другим завданням і т.д. Для моделювання системи управління нагрівальної установки створена модель, яка складається з 2-х завдань, що змінюють один одного, і яка була інтегрована в пакет Matlab рисунок 1.

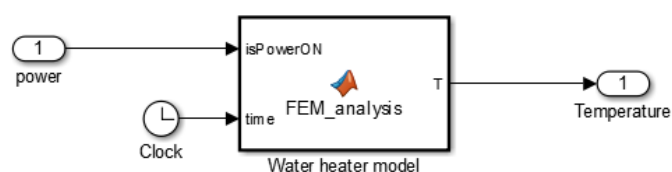


Рисунок 1. Модель водонагрівальної установки яка інтегрована в Matlab

В пакеті Fuzzy Logic Toolbox Matlab побудована нечітка модель управління роботою нагрівальної установки рисунок 2.

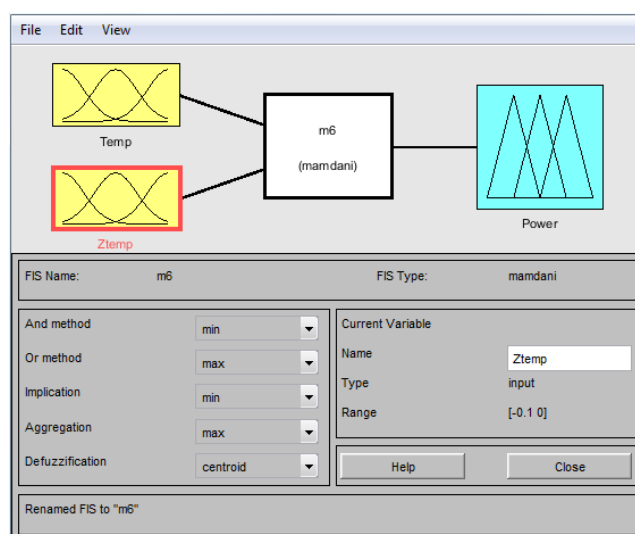


Рисунок 2. Структура нечіткої моделі

Реалізуючи систему нечіткого виводу на етапі дефазіфікації, отримаємо потужність нагрівальної установки в залежності від температури та швидкості зміни температури [2, 3].
Моделі зображені на рисунках 3 і 4 розроблені в системі Simulink [4].

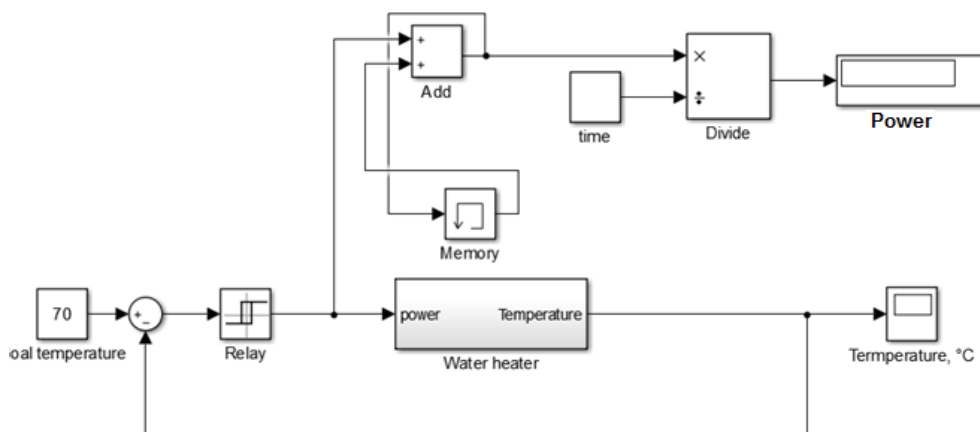


Рисунок 3. Модель регулювання температури на базі на реле

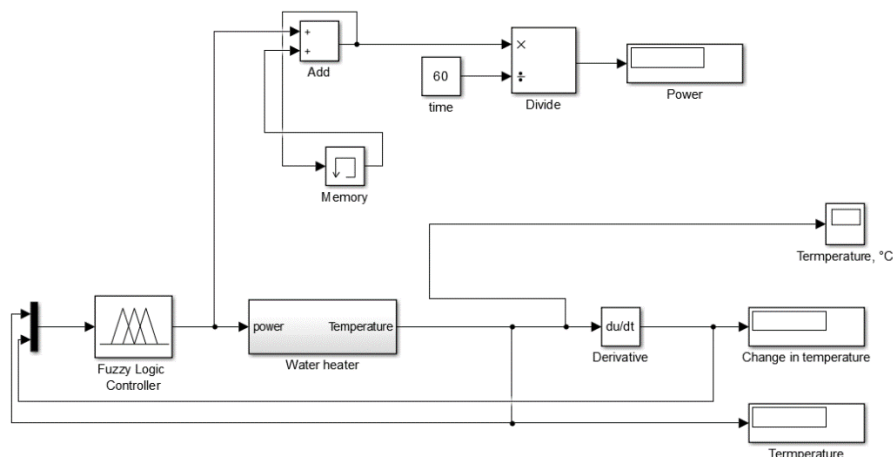


Рисунок 4. Модель регулювання температури на базі нечіткої логіки

Нечіткий регулятор здатний відпрацьовувати краще в системах регулювання температури та підтримувати температуру на заданому рівні. Крім того, дослідження показало, що споживання електроенергії моделі з нечітким регулятором на 4,2 відсотка менше в порівнянні з моделлю з реле.

1. Фрізен В.Е., Чорних І.В., Бичков С.А., Тарасов Ф.Є. *Методи розрахунку електричних та магнітних полів*. Навчальний набір. Єкатеринбург: УрФУ, 2014. 176 с.
2. Леоненков А. В. *Нечітке моделювання в середовищі MATLAB та fuzzyTECH*. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.
3. *Прикладні нечіткі системи*. За ред. Т. Терапо, К. Асаї, М. Сугено. М.: Світ, 1993. 368 с.
4. Чорних І. В. *Моделювання електротехнічних пристроїв у MATLAB, SimPowerSystems та Simulink*. М: ДМК Прес; СПб.: Пітер, 2008. 288 с.

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ЗА РАХУНОК РЕЗЕРВУВАННЯ

д.т.н., проф. Волянська Я. Б., к.т.н., доц. Волянський С. М., аспіранті PhD

Баланський В. П., Ковальчук М. С., магістр Волянський Ю. С.

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Зростання цін на енергоносії, енергетична безпека й незалежність країни, захист від зміну клімату – це три основних причини, що спонукають всі вектори розвитку економіки України до використання енергозберігаючих технологій, серед яких підвищення ефективності передачі електричної енергії в електромеханічних системах є важливою ланкою в загальній проблемі збільшення енергетичної ефективності, надійності діючого електрообладнання.

Одним з таких способів є резервування – підвищення надійності об'єкта введенням додаткових елементів та функціональних можливостей понад мінімально необхідних для нормального виконання об'єктом заданих функцій. Розрізняють такі його види.

Структурне резервування – метод підвищення надійності об'єкта, що передбачає використання надлишкових елементів, що входять у фізичну структуру об'єкта. Наприклад, встановлення додаткових трансформаторів на підстанціях; спорудження додаткових ланцюгів ліній електропередач, коли пропускна здатність перших ланцюгів ще не вичерпана; встановлення додаткових енергосистем і генераторів тощо.

Тимчасове резервування – метод підвищення надійності об'єкта, що передбачає використання надлишкового часу, виділеного для виконання об'єктом заданих функцій. Наприклад, резервний генератор в енергосистемі за своїм прямим призначенням використовується дуже невелику частину загального часу, а решту часу знаходиться в стані очікування відмов працюючих генераторів; резерв часу може бути використаний для підвищення надійності в іншій, сусідній енергосистемі, пов'язаній з першою, коли той же резервний генератор буде включений для заміщення генератора, що відмовив.

Інформаційне резервування – метод підвищення надійності об'єкта, що передбачає використання надлишкової інформації понад мінімально необхідну для виконання заданих функцій. Наприклад, якщо при відмові та відключенні будь-якого елемента електричної мережі ті, що залишилися, перевантажуються і потрібне їх термінове розвантаження, то за інформацією про відключення елемента мережі здійснюється відключення частини навантаження, виходячи з можливого максимального завантаження мережі. Якщо ж інформацію про відключення елемента мережі доповнити ще й інформацією про аварійне завантаження мережі, то після відмови елемента можна відключити навантаження в меншому розмірі, відповідно до реального, а не передбачуваного максимального завантаження мережі.

Функціональне резервування – метод підвищення надійності об'єкта, що передбачає використання здатності елементів виконувати додаткові функції замість основних або спільно з ними. Наприклад, міжсистемна лінія електропередачі, призначена для транспортування електроенергії з однієї системи в іншу, може виконувати й інші функції – взаєморезервування генераторів у цих системах, реалізувати ефект суміщення максимумів навантажень енергосистем тощо; трансформатори на окремих підстанціях крім свого основного призначення можуть бути використані і для здійснення плавки ожеlediці струмом на проводах та тросах повітряних ліній з метою підвищення їх надійності.

Навантажувальне резервування – спосіб підвищення надійності об'єкта, що передбачає використання можливості його елементів приймати додаткові навантаження понад номінальних. Як правило, тут тимчасове підвищення ступеня використання (збільшення обсягу виконуваних функцій) здійснюється за рахунок швидкого спрацьовування ресурсу об'єкта (наприклад, при відмові одного трансформатора допускається тимчасове навантаження другого).

В залежності від схеми використання резервного елемента у системі розрізняють:

- загальне резервування, у якому резервується об'єкт загалом;
- роздільне резервування, у якому резервуються окремі елементи системи чи його групи;

- ковне резервування, при якому група основних елементів системи резервується одним або декількома резервними елементами, кожен з яких може замінити будь-який основний елемент, що відмовив у цій групі (наприклад, пересувний резервний трансформатор на підприємстві електричних мереж, що привозиться на підстанцію на час ремонту основного трансформатора).

В залежності від режиму використання резервного елемента розрізняють:

- навантажений резерв, коли резервний елемент перебуває у тому режимі завантаження, що і основний;

- полегшений резерв, коли резервний елемент перебуває у менш навантаженому режимі, ніж основний;

- включений резерв (в енергетичній практиці часто званий «гарячим резервом»), коли резервний елемент готовий у будь-який час взяти функції резервного елемента;

- невключений резерв (в енергетичній практиці часто має назву «холодний резерв»), коли потрібен певний час для введення резервного елемента у роботу.

Для характеристики ступеня резервування використовується показник кратності резервування, як відношення числа резервних елементів до резервованих елементів об'єкта. Часто під кратністю резервування, наприклад, електричних мережах, розуміється ставлення пропускної спроможності мережі після відключення основних елементів до пропускної спроможності цих елементів. У випадках, коли кратність резервування дорівнює одиниці, кажуть, що має місце дублювання.

Створення резервів, запасів є, зазвичай, необхідною умовою забезпечення надійності систем. Однак ступінь використання їх суттєво залежить від системи керування (регулювання). Так рівномірне, пропорційне завантаження різних елементів системи підвищує надійність за рахунок більш ефективного використання їх ресурсу, оскільки спрацювання ресурсу зазвичай нелінійно залежить від завантаження об'єкта (наприклад, якщо два однакових трансформатора на підстанції завантажувати нерівномірно, то їх сумарний ресурс буде спрацьовано швидше, ніж це мало б місце при їх рівномірному завантаженні). Виявлення, попередження відмов на основі використання діагностичних систем дозволяє суттєво підняти надійність та зменшити негативні наслідки відмов.

1. ДСТУ 2863-94. Програма забезпечення надійності. Загальні вимоги. Чинний від 1994–12–08. Київ: Держстандарт України, 1994. IV, 37 с. (Надійність техніки).

2. Денисюк С. П., Василенко В. І. Енергетична ефективність та енергозбереження. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2016. № 1. С. 33–44.

3. Volyanskaya Ya., Boyko A. Synthesis of the system for minimizing losses in asynchronous motor with a function for current symmetrization. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2017. № 4/5 (88). P. 50–58.

4. Švarcбург L. E. Energy efficiency exploitation of technical systems. *Scientific Journals Maritime University of Szczecin*. 2013. 35 (107). P. 132–137.

5. Mehdi Attar, Omid Homaei, Hamid Falaghi, Pierluigi Siano A novel strategy for optimal placement of locally controlled voltage regulators in traditional distribution systems. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. 2018. Vol. 96. P. 11–22.

6. Kuznetsov V. G., Sablin O. I., Chornaya A. V. Improvement of the regenerating energy accounting system on the direct current railways. *Archives of transport*. 2015. Vol. 36. №. 4. P. 35–42.

АНАЛІЗ ВИПРОМІНЮВАННЯ ФРАКТАЛЬНИХ АНТЕН З ВИКОРИСТАННЯМ СТРУКТУР СЕРПІНСЬКОГО

д.т.н., проф. Гергега О.М., к.ф.-м.н., доц. Дроздов М.О., Коньков К.Д.
Військова академія (Одеса)

Завдяки надзвичайно широкому діапазону робочих частот, фрактальні ґраткові антени бездоганно вирішують задачі забезпечення максимальної продуктивності радіолокаційних станцій і сумісності між застарілими та новими архітектурами радіозв'язку [1].

Килим Серпінського є двовимірним аналогом канторовської множини виключених середніх [2], і за своєю геометрією найбільш пасує для моделювання ґраткових антен. В доповіді розглядається його модифікація зі скінчено-нескінченною розгалуженістю [3]. «Найцікавішою властивістю таких фрактальних решіток є те, що на відміну від решіток з скінченною розгалуженістю, на яких шлях протікання руйнується при викиданні скінченного числа вузлів, на цих існує справжнісінький перколяційний перехід» [4].

Якщо визначити через p' ймовірність належності комірки перколяційному кластеру на килимі, тобто ймовірність того, що через комірку можна «протекти» по її клітинах, кожна з яких входить у нескінченний кластер з ймовірністю p , та мати на увазі, що ренормгрупове перетворення має в цьому випадку відображати факт наявності зв'язності, кількість відповідних комбінацій у розташуванні клітин у комірці буде менше комбінаторного. З урахуванням цього ренорм-перетворення для килима з гібридною розгалуженістю [3] має вигляд

$$p' = R(p) = p^8 + 8p^7(1-p) + 27p^6(1-p)^2 + 44p^5(1-p)^3 + 38p^4(1-p)^4 + 8p^3(1-p)^5,$$

з нетривіальною нерухомою точкою $p_c = 0,5093$, що визначає поріг протікання.

Індекс довжини кореляції перколяційної системи, можна знайти з співвідношення

$$\nu = \ln b / \ln \lambda = 1,801,$$

де $b = 3$ – кількість клітин вздовж сторони комірки, $\lambda = (dR/dp)|_{p=p_c}$. Критичний показник параметра порядку β визначається з рівняння

$$D = d - \beta/\nu,$$

де апроксимація розмірності D перколяційного кластера є розмірність килима Серпінського; при розмірності простору $d = 2$ величина $\beta = 0,193$.

Інші критичні показники можуть бути визначені з системи рівностей двопоказового скейлінгу [4]: індекс середньої довжини скінченного кластера $\gamma = \nu d - 2\beta = 3,216$; критичний показник аналога теплоємності $\alpha = 2 - \nu d = 1,602$; індекс, який визначає максимальний розмір скінчених кластерів, $\Delta = \nu d - \beta = 1,809$.

В роботі також отримано рекурентні співвідношення для обчислення полів випромінювання двох модифікацій предфракталів килима Серпінського довільного покоління – несиметричного та з віссю симетрії другого порядку – та їх візуалізацію.

1. Gupta M., Mathur V., et al. Microstrip hexagonal fractal antenna for military applications. *Frequenz*. 2019. V. 73. P. 321-330.
2. Feder J. *Fractals*. New York: Plenum, 1988. 283 p.
3. Herega A., Drik N., Ugol'nikov A. Hybrid ramified Sierpinski carpet: percolation transition, critical exponents, and force field. *Physics-Uspekhi*. 2012. V. 55(5). P. 519-521.
4. Sokolov I. Dimensionalities and other geometric critical exponents in percolation theory. *Sov. Phys. Usp.* 1986. V. 29. P. 924-945.

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

к.т.н., доц. Довгалюк О.М., Баталін В.Ю., Білоконь Г.В., Кравчук Д.Є.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Розподільні електричні мережі (РЕМ) є невід'ємним елементом електроенергетичної системи, від роботи якого істотно залежить ефективність її функціонування і якість електропостачання споживачів. Саме тому багато уваги енергетиками та дослідниками в енергетичній галузі приділяється питанням підвищення ефективності роботи сучасних РЕМ [1-3]. Для енергосистеми України ці питання також є актуальними, особливо після реформування енергетичного сектору та складних умов його функціонування під час російської військової агресії, а також з урахуванням перспективи післявоєнного відновлення.

Протягом тривалого часу РЕМ України характеризуються складною та неоптимальною структурою, великою протяжністю ліній електропередачі (ЛЕП), значною кількістю нерезервованих схем живлення споживачів, мінімальним рівнем засобів телемеханіки та автоматики для керування режимами роботи. Наслідком такого стану роботи РЕМ є підвищена величина втрат електроенергії, знижені рівні напруги у віддалених споживачів, надлишкове завантаження ЛЕП потоками реактивної потужності тощо.

Сучасні тенденції розвитку енергетичної галузі сприяють активному оснащенню РЕМ засобами контролю за станом та автоматизації управління режимами роботи, впровадженню технологій Smart Grid, що дає змогу застосовувати ці важелі для оптимізації режимів роботи РЕМ з метою підвищення ефективності їх функціонування. Запровадження лібералізованої моделі ринку електричної енергії в енергосистемі України потребує при вирішенні задач оптимізації режимів РЕМ враховувати всі особливості поточного стану розвитку енергетичного сектору країни, а також застосовувати сучасні наявні технічні та інформаційні засоби і принципово нові підходи до керування.

За таких умов завданням управління в РЕМ стає пошук оптимальної оперативної схеми та параметрів режиму при зміні навантажень, напруги живильної мережі, потужності наявних в мережі джерел розподіленої генерації (ДРГ) тощо. Критерієм оптимізації при вирішенні поставленої задачі пропонується мінімізація втрат електроенергії в мережі:

$$\Delta W_{\Sigma} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де ΔW_{Σ} – сумарні втрати електроенергії в РЕМ, які визначаються відповідно до виразу:

$$\Delta W_{\Sigma} = \sum_{t=1}^T \sum_{i \in S} \left(c_t \frac{(P_i^2 + Q_i^2) R_i}{U_i^2} \right), \quad (2)$$

де S – множина ділянок i експлуатаційної схеми РЕМ; c_t – вартість електроенергії для години t , яка враховує поточний стан на ринку електричної енергії; T – розрахунковий інтервал спостереження; P_i , Q_i – потік активної і реактивної потужностей у i -й ділянці РЕМ; R_i – активний опір i -ої ділянки РЕМ; U_i – напруга на початку i -ої ділянки РЕМ.

В якості обмежень при вирішенні даної задачі виступають діапазони параметрів режиму мережі, а також показників надійності електропостачання споживачів та якості електричної енергії в мережі:

$$P_{p \min} \leq P_p \leq P_{p \max}, \quad P_n \leq P_{n \max}, \quad P_y \leq P_{y \max}, \quad (3)$$

де P_p , P_n , P_y – розрахункові значення параметрів режиму мережі, показників надійності електропостачання споживачів та якості електричної енергії в мережі для експлуатаційної схеми РЕМ, що розглядається; $P_{p \min}$, $P_{p \max}$, $P_{n \max}$, $P_{y \max}$ – мінімальні та максимальні значення параметрів режиму мережі, показників надійності електропостачання споживачів та якості електричної енергії в мережі відповідно.

Для розташованої на території Харківської області РЕМ 10 кВ, схема якої показана на рис. 1., з використанням запропонованої методики були визначені оптимальні параметри, які забезпечують роботу досліджуваної мережі з мінімальними втратами електроенергії протягом доби. На трансформаторних підстанціях 10/0,4 кВ ТП 4 та ТП 16 підключені ДРГ, якими виступають сонячні електростанції малої потужності.

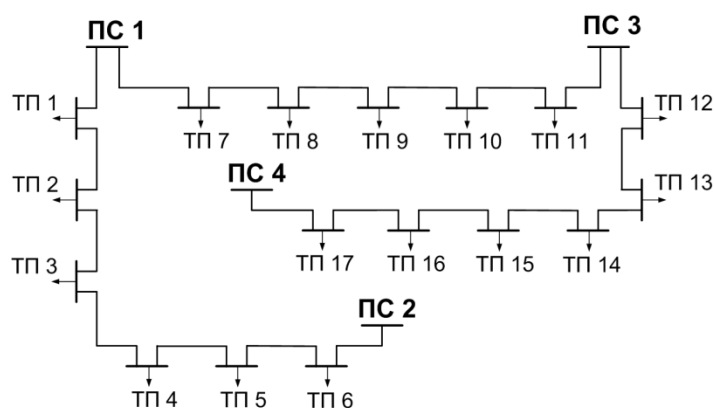


Рисунок 1. Схема досліджуваної РЕМ 10 кВ

Були розглянуті експлуатаційні схеми нормальних та ремонтних режимів. В якості незалежних оптимізованих параметрів були прийняті наступні: номер відпайки РПН трансформаторів на підстанціях 110/10 кВ, потужність ДРГ, місце розмикання контурів мережі. Результати розрахунку представлені в табл. 1.

Таблиця 1. Визначені параметри для забезпечення оптимального режиму РЕМ

Експлу- атаційна схема	Номер відпайки РПН				Потужність ДРГ, МВт	Місце розмикання контурів мережі	Сумарні втрати електроенергії в РЕМ, тис. грн.
	ПС 1	ПС 2	ПС 3	ПС 4			
Нормаль- ний 1	-1	-2	-1	-2	43,865	ТП8-ТП9, ТП2- ТП3, ТП13-ТП14	24,782
Нормаль- ний 2	-1	-1	0	-1	44,728	ТП9-ТП10, ТП3- ТП4, ТП14-ТП15	23,897
Ремонт- ний 3	+2	+1	0	-1	42,924	ТП8-ТП9, ТП1- ТП2, ТП14-ТП15	26,359

Одержана інформація щодо оптимальних параметрів режиму РЕМ має враховуватись в алгоритмах керування режимами роботи мережі для підвищення ефективності їх функціонування.

1. Amqrane M., Ouassaid M. Improving the Efficiency of the Electricity Distribution Network Through the Use of Smart Meters. 2022 IEEE 7th Forum on Research and Technologies for Society and Industry Innovation (RTSI). Proceedings of the international scientific conference. (Paris, 24-26 Aug. 2022). Sorbonne Universite. Paris, 2022. P. 81-87.

2. Bakry O.M., Alhabeeb A., Ahmed M., Alkhalaf S., Senjyu T., Mandal P., Dardeer M. Improvement of distribution networks performance using renewable energy sources based hybrid optimization techniques. *Ain Shams Engineering Journal*. 2022. Vol. 13. № 6. С. 101786.

3. Довгальок О.М., Омеляненко Г.В., Піротті О.Є., Бондаренко Р.В., Сиромятнікова Т.В., Яковенко І.С. Оцінка заходів щодо підвищення ефективності роботи міських розподільних електричних мереж в умовах енергоринку України. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Енергетика: надійність та енергоефективність: зб. наук. пр. 2019. № 29 (1354). С. 70-76.

ПРОБЛЕМА АДАПТАЦІЇ РОБОТИЗОВАНОГО АВТОМОБІЛЯ З ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧОЮ СИСТЕМОЮ В УМОВАХ ВПЛИВУ ДЕСТАБІЛІЗУЮЧИХ ФАКТОРІВ

к.т.н., с.н.с. Клименко В.В., Котов Д.О.

Військова академія (м. Одеса)

Сучасні підходи до оцінки якості інформаційних потоків, що циркулюють в інформаційно-керуючих системах роботизованих автомобілів (ІКС РА), базуються на методах обробки цифрової інформації. Саме оцифровування, як процес обробки вхідної інформації, а також її різносенсорний характер породжують структурну і параметричну невизначеність під час оцінювання внутрішнього стану РА та зовнішнього середовища його функціонування в системі «РА – проблемне середовище експлуатації» [1–2].

В залежності від рівня автоматизації автомобіля, класифікованого по [3], структура ІКС автомобіля буде включати в себе різноманітну кількість сенсорів (датчиків), що формують різносенсорний інформаційний вхідний процес з подальшим його обробленням для вироблення управлінського рішення.

При цьому вхідний різносенсорний інформаційний процес об'єктивно є випадковим процесом, з однієї сторони по причині впливу дестабілізуючих факторів зовнішнього середовища, що вносить некорисну енергетичну складову, а з іншої сторони, по причині наявності внутрішнього шуму та внутрішньо-системних випадкових збурень, що адитивно накладаються на корисну складову вхідного процесу. Тому сформований вихідний сигнал в ІКС РА є теж випадковим та може бути незадовільної якості по причині наявності та впливу дестабілізуючих факторів як зовнішнього (активні та пасивні завади), так і внутрішнього походження.

Тобто, проблема якісного (стійкого) функціонування роботизованого автомобіля, що експлуатується в межах системи “автомобіль – середовище експлуатації з об'єктами”, характеризується невизначеністю та конфліктністю умов його експлуатації [4–6].

Невизначеність та конфліктність середовища експлуатації в значній мірі залежить від інтенсивності інформаційної взаємодії між автомобілем, як об'єктом роботизації, та об'єктами середовища його експлуатації, а також безпосередньо від характеру самої інформації (різносенсорності системи датчиків), що циркулює в ІКС РА.

Для випадку, коли керування РА буде потребувати дистанційного управління, виникає необхідність передачі сформованого, на першому етапі обробки, вихідного сигналу на приймально-передавальну станцію (пристрій). В цьому випадку приймально-передавальний пристрій з антенною решіткою, під час отримання сформованого, на першому етапі, вихідного сигналу, може бути підданий впливу, наприклад, активних зовнішніх завад з різних напрямків. Це призведе до зміни енергетичної складової та збільшення некорисної інформації у процесі, що досліджується, на другому етапі його обробки.

Отже, вирішення проблеми якісного функціонування РА з ІКС, яка має різносенсорні канали інформаційної взаємодії, в умовах, які характеризуються невизначеністю та конфліктністю, в інформаційному сенсі потребує комплексного врахування впливу дестабілізуючих факторів в недетермінованому середовищі експлуатації.

Поряд з існуючими алгоритмами мінімізації впливу дестабілізуючих факторів в інформаційних системах, особливу увагу заслуговують алгоритми, що реалізують використання прямих та зворотних методів обробки різносенсорної інформації на основі теореми ортогональності [7].

В основі прямого і оберненого методів лежить процедура інверсного синтезу кореляційних матриць системи формування вихідного процесу на кожному із етапів обробки (фільтрації). При цьому, при використанні оберненого методу, інверсії підлягає кореляційна

матриця, що формується в підпросторі вихідних випадкових процесів (процесів, що спостерігаються), тому рішення може не існувати по причині поганої обумовленості кореляційної матриці. Прямий метод передбачає інверсію кореляційної матриці, формування якої можливе в підпросторі тестових (вхідних) сигналів. Такий підхід дозволяє завжди отримати рішення при цьому якість сформованого вихідного процесу буде залежати від часу адаптації (налаштування) системи на рівень некорисної складової процесу, що досліджується.

Отже, вирішення проблеми якісного функціонування ІКС РА в умовах впливу дестабілізуючих факторів лежить в площині розв'язання задачі адаптації РА з ІКС, що містить різносенсорні канали інформаційної взаємодії, до рівня впливу дестабілізуючих факторів шляхом розробки алгоритмів тестування таких систем на етапі їх синтезу з використанням зовнішніх та внутрішніх еталонів.

1. *Визначення та дослідження основних напрямків забезпечення ефективності функціонування інформаційно-керуючих каналів тилового наземного роботизованого комплексу в умовах дестабілізуючих впливів: звіт про НДР (проміжний звіт) Шифр "Бар'єр" Військова академія; кер. В.Скачков; викон.: В.Чепкій [та ін.]. Одеса, 2017. 134 с.: іл.. Інв. № 0101U002533.*
2. Чепкій В. В., Скачков В. В., Єфимчиков О. М., Єльчанінов О. Д., Дудуш А. С. Концептуалізація предметної області моделі інтегральної конфігурації "Наземний робототехнічний комплекс – надсистема – проблемне середовище експлуатації". *Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса). Технічні науки.* 2018. Вип. 2. С. 5-17.
3. SAE J3016 2018. "Automated motion control systems. Classification, terms and definitions". Automobile Association engineers. 2018. 35 p.
4. Клименко В.В., Сакно О.П. Проблема інформаційної взаємодії безпілотного автомобіля в невизначених і конфліктних умовах експлуатації. *Збірник наукових праць міжнародної науково-практичної конференції "Новітні технології розвитку автомобільного транспорту" Харківського національного автомобільного університету.* 2018. С. 36-39.
5. Клименко В.В., Котов Д.О., Семененко Р.О., Бойченко С.В., Кваша М.В. Аналіз джерел інформаційної взаємодії роботизованого автомобіля в невизначених і конфліктних умовах експлуатації. *Збірник наукових праць VI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції молодих учених та студентів "Актуальні проблеми автоматизації та управління Луцького національного технічного університету".* 2018. С. 178-182.
6. Klimenko V., Poliakov V., Sakno O., Kolesnikova T., Velmagina N., Hontar Y., Tomchuk S. Problem of sustainability of decisions of information problems in technological vision systems of unwinded vehicles. XXIV International scientific and technical conference "Transport, ecology - sustainable development". 2018. P. 65-73.
7. Skachkov, V. V., Chepkii, V. V., Yefymchykov, O. M., Korkin, O. Yu., Goncharuk, A. A. Solving the Problem of Forming Stable and Consistent Estimates of a Correlation Matrix of Observations Using the Method of Dynamic Regularization. *Cybern Syst Anal* 57.2021. P.82–90.

ПРОБЛЕМНІ АСПЕКТИ АВТОМАТИЗАЦІЇ РЕЖИМІВ РУХУ АВТОМОБІЛЯ НА ОСНОВІ СТАНДАРТУ ADAS (ADVANCED DRIVER ASSISTANCE SYSTEMS)

Котов Д.О., Марченко В.П., Мельник В.В.

Військова академія (м. Одеса)

Основою існуючих підходів до розробки бортових інформаційно-керуючих систем сучасних автомобілів є технології, подібні до Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) [1].

Даний підхід оснований на впровадженні окремих електронних систем автомобіля, функцією яких є поступова заміна функцій водія в частині, як керування автомобілем, так і контролю стану його систем та механізмів наряду з можливістю контролю стану безпосередньо самого водія.

Отже, на сучасному етапі розвитку автомобілебудування автоматизація (роботизація) зразків автомобільної техніки відбувається на основі впровадження розрізнених електронних систем моніторингу стану автомобіля і водія та управління автомобілем на різних режимах його функціонування з врахуванням стандарту ADAS.

Елементну базу електронних систем автоматизації режимів роботи автомобіля складають сукупність (підсистеми) вимірювальних датчиків (сенсорів), частина яких відповідає за збір первинної інформації щодо зовнішнього середовища експлуатації автомобіля з об'єктами (елементи доріг, дорожня інфраструктура, розмітка та дорожні знак, інші транспортні засоби, тощо). Інша частина датчиків відповідає за збір первинної інформації щодо стану автомобіля, як складної технічної системи в цілому та водія в частковості [2-3].

В таких системах інформація, як правило, циркулює в цифровому виді, і в залежності від типу датчика, формується в різних діапазонах її формування; оптичний (камери, стереокамери, лідари), радіолокаційному (радар, GPS-приймач), інфрачервоний (інфрачервоні сенсори), ультразвуковому (ультразвукові датчики).

При цьому, конструктивна та програмна реалізація таких систем будується на принципі автономності їх функціонування, в сенсі наявності в кожній з них своєї підсистеми датчиків (сенсорів) та електронних блоків (контролерів) вироблення відповідних управлінських рішень на основі неуніфікованих алгоритмів обробки інформації.

Такий підхід дозволяє частково реалізувати процес автоматизації функцій водія в пілотному (обов'язкова наявність водія) режимі функціонування автомобіля, але не вирішує проблему автономного руху, тобто в безпілотному режим руху.

Залежно від рівня автоматизації автомобіля, ускладняється і сам процес формування та обробки первинної інформації про навколишнє середовище і, його об'єкти, та безпосередньо, про автомобіль, як складну технічну систему, щоб розробити варіанти його поведінки в безпілотний режим руху.

Вирішення задачі об'єднання датчиків в єдину інформаційно-керуючу систему в науковому світі вирішується різними розробниками шляхом автоматизації процесів отримання первинної інформації, її обробки та вироблення управлінського рішення [4]. При цьому, в разі пілотованого режиму роботи автомобіля управлінське рішення на основі інформації, що обробляється в інформаційно-керуючій системі автомобіля, залишається за водієм. У безпілотному або автономному режимі управлінське рішення приймається інформаційно-керованою системою автомобіля.

Таким чином, інтеграція різномірних датчиків в єдину інформаційно-керуючу систему автомобіля, дає змогу використовувати переваги кожного з них у вирішенні різноманітних задач автономного руху [4]. Зважаючи на різносенсорність елементної складової систем типу ADAS при синтезі інформаційно-керуючих систем сучасної автомобільної техніки необхідно передбачити можливість формування єдиного мультисенсорного цифрового інформаційного вхідного масиву, який по своїй природі об'єктивно буде випадковим.

Таким чином, для вирішення проблеми автономного водіння, починаючи з четвертого рівня автоматизації, ключовим проблемним аспектом є синтез алгоритмів об'єднання та обробки вхідної різносенсорної цифрової інформації, яка об'єктивно має випадковий характер, в єдиний інформаційний масив з подальшою його адаптивною обробкою на основі прямих та зворотних методів.

1. *Состояние и перспективы развития рынка авионики и технологий ADAS. Оценка влияния на развитие российского и международного рынка "Автонет"* (аналитический отчет, 2019 г.).
2. Белкова Ю.А., Касимов А.Р. Радиоэлектроника в управлении системами автомобиля. *Электронный журнал Автомобиль. Дорога. Инфраструктура*. 2020. № 1(23).
3. Касай С.А., Третьяков А.А. Сравнительный анализ бортовых электронных систем управления грузовых автомобильных транспортных средств отечественного и иностранного производства. *Вестник гражданских инженеров*. 2019. № 6(77). С. 299-304.
4. Klimenko, V., Kotov, D., Sadych, D., Rafalskiy, J., Lishchenko, V. & Sapiehin, Y. Model of Functioning of Information-Control System of Unmanned Car with Different Sensors Channels of Information Interaction. *IEEE International Conference on Problems of Info communications Science and Technology*. 2021. P.447–451.

ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ПОСТІЙНОЇ НАПРУГИ

к.т.н., доц. Кочетков О.В.¹, ст. викладач Гаур Т.О.¹, к.т.н., доц. Харченко Р.Ю.²

¹Одеський національний морський університет, Одеса, Україна

²Національний університет «Одеська морська академія», Одеса, Україна

Вступ. Однією з найважливіших умов ефективної роботи радіотехнічних, електронних та телекомунікаційних систем є оптимальний вибір пристроїв електроживлення, які задовольняють вимогам за енергетичними параметрами (ККД), параметрами якості електричної енергії та надійності. До складу сучасних пристроїв електроживлення можуть входити випрямлячі, коректори коефіцієнта потужності, конвертори, інвертори, стабілізатори. За функціональним призначенням ці пристрої істотно відрізняються один від одного, але з енергетичної точки зору їх можна розглядати як пристрої перетворення електричної енергії первинного джерела електроживлення в електричну енергію необхідного виду та якості для живлення визначеного навантаження. Для радіотехнічних, електронних та телекомунікаційних систем не менш важливими завданнями перетворювачів є підвищення надійності та покращення показників якості електричної енергії. Імпульсні перетворювачі постійної напруги (ППН) мають більш кращі характеристики, порівняно з перетворювачами при використанні інших методів перетворення і регулювання електричної енергії, тому мають широке використання на практиці в сучасних пристроях та системах електроживлення радіотехнічних та телекомунікаційних систем. Тому дослідження імпульсних перетворювачів, з метою покращення їх якісних показників та питомих характеристик, є актуальним завданням [1, 2, 3].

Подальше підвищення якості процесів перетворення досягається за допомогою використання автотрансформаторного включення дроселя в силових каналах і дотримання граничного режиму перетворення [1, 2, 3].

Використання автотрансформаторного включення дроселя в силових каналах (СК) дозволяє підвищити ефективність перетворювачів постійної напруги модульної структури [2]. Крім того, без внесення змін у схему силових каналів, схема управління дозволяє сформулювати граничний режим роботи ППН і покращити енергетичні характеристики (зменшити втрати потужності при комутації силових комутаційних ключів). У граничному режимі перемикавання силових керованих ключів відбувається при струмах дроселів СК $i_{Lk}(t)$ рівних нулю, це дозволяє підвищити ККД, поліпшити динамічні характеристики [1].

В літературі [1, 2, 3] порушено питання впливу зміни параметрів вхідної напруги на показники якості електричної енергії. Однак, що стосується характеру впливу зміни величини вхідної напруги на показники якості перетворювачів модульної структури, це питання є не менш важливим і мало вивченим і вимагає додаткового аналізу.

Метою роботи є покращення показників якості електричної енергії завдяки вибору оптимальних режимів роботи перетворювачів постійної напруги (ППН) модульної структури з силовими каналами (СК) понижуючого типу.

Досі в літературі [1, 2] при дослідженнях ППН модульної структури, як правило, розглядаються залежності показників якості від величини коефіцієнта накопичення, при різних: режимах роботи; кількості силових каналів (N); коефіцієнтах трансформації (n_{21}). Це дозволяє вибрати оптимальні умови для функціонування ППН, які забезпечать необхідні показники якості електричної енергії [3].

Реалізація цього підходу дає змогу оцінити (відстежити) вплив величини зміни вхідної напруги (живлення) на показники якості. Однак, це не дозволяє повною мірою враховувати

вплив величини зміни вхідної напруги на показники якості ППН, що є суттєво важливим при проектуванні перетворювачів, особливо, якщо вони функціонують у режимі стабілізації.

Для аналізу показників якості у всьому діапазоні зміни напруги живлення необхідно будувати залежності цих показників від величини зміни вхідної напруги (рис. 1).

Залежності будувалися за наступних вихідних даних: напруга навантаження $U_n = 10\text{В}$, струм навантаження $I_n = \text{const} = 10\text{А}$, індуктивність первинної обмотки дроселя $L_1 = 10\text{ мкГн}$.

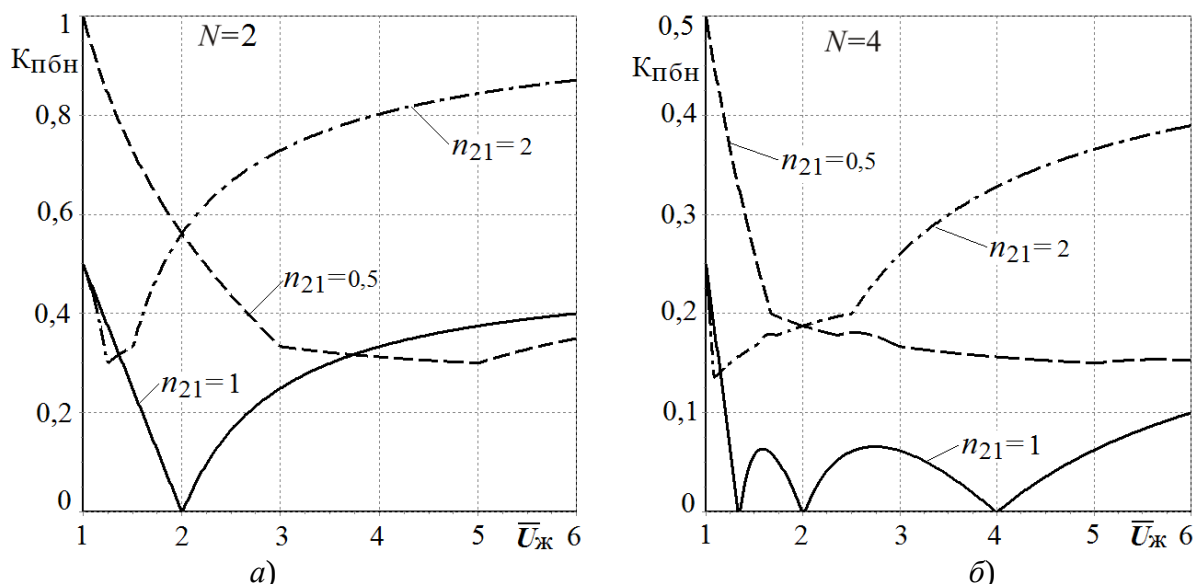


Рисунок 1 – Залежність коефіцієнтів пульсації на виході БП $K_{ПБН}$ від величини відносної напруги живлення ($\bar{U}_Ж$) при різних коефіцієнтах трансформації n_{21} та числі силових каналів $N=2$ (а) та $N=4$, (б)

Висновки. Проведено аналіз дослідження та виявлено специфічні особливості електричних процесів імпульсних перетворювачів модульної структури з однофазним та багатофазним принципами перетворення з силовими каналами понижуючого типу при граничному режимі функціонування:

Таким чином, ефективність фільтрації змінної складової струмів навантаження БП буде більшою, ніж в аналогічному випадку при ОП незалежно від величини відносної напруги живлення, коефіцієнта трансформації та числа силових каналів.

1. Кочетков О. В. Підвищення ефективності енергосистем суднового електричного обладнання при використанні перетворювачів напруги з імпульсним регулюванням. Матеріали IX міжнародної науково-технічної конференції "Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика" (СЕЕА-2019). 5 – 6 листопада 2019 р. Одеса: НУ «ОМА», 2019. С. 47–50.
2. Kharchenko, R. Y., Kochetkov, A. V., & Mikhaylenko, V. S. (2022). Analysis of methods for automated research of dc voltage converters of modular structure. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, (3), 7. P. 7-21.
3. Kharchenko R.Yu. Zavadskiy V.A., Kochetkov A. V. Methods for automated research of DC voltage converters. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика», 22.11.2022 - 23.11.2022. Одеса: НУ «ОМА», 2023. С. 85 – 89.

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ВІДДАЛЕНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ БАГАТОЦІЛЬОВИМИ РОБОТИЗОВАНИМИ МОРСЬКИМИ КОМПЛЕКСАМИ

PhD Курдюк¹ С. В., Гаврилюк¹ Т. К., д. т. н., проф. Онищенко² О. А.

¹*Інститут військово-морських сил Національного університету "Одеська морська академія"*

²*Військова академія (м. Одеса)*

Універсальна система дистанційного керування морськими багатоцільовими роботизованими комплексами (МБРК) [1] призначена для переобладнання звичайних суден, човнів та катерів, для встановлення на нові зразки морських суден (комплексів) невеликої водотоннажності. Розроблена авторами система містить різноманітні вузли керування виконавчими механізмами (двигуном пропульсивного комплексу МБРК - підвісним/стаціонарним внутрішнього згорання чи електричним, рульовими пристроями, технологічними механізмами тощо) з метою виконання завдань без присутності екіпажу на борту. Основні виконувані таким дистанційно керованим МБРК є розвідка, доставка вантажів, доставка та евакуація особового складу, поранених, ударні завдання тощо.

Пілотний зразок системи управління БРМК містить: пульти віддаленого керування, монітор спостереження (маска оператора), планшет постановки завдань, щоглу з антенами та кабелями, блоки комунікації і живлення, виконавчі електроприводи та деякі додаткові елементи.

Особливістю створеної системи є використання декількох захищених цифрових каналів керування на різних частотах, що забезпечило стійку роботу БРМК під час дії систем РЕБ ворога. Завадостійкість забезпечується автоматичним вибором каналу керування, що найменш із всіх зазнає впливу радіо завад. Радіоканал відео-зв'язку додатково дублюється, а за умови завад в радіоканалах, що використовуються, система автоматично перемикається на передачу зображення окремими кадрами високої роздільної здатності за допомогою захищених цифрових каналів зв'язку і керування.

В системі використовується завадостійкий комплекс GPS антен (аналогічний дії систем типу *AntiJamming GPS solution*). У випадку використання БРМК за межами радіогоризонту, використовуються супутникові канали зв'язку для керування, постановки автономних завдань та отримання відеоінформації. Робота оператора комплексу відбувається за допомогою пульта керування та планшета моніторингу та постановки завдань. Додатково передбачена можливість функціонування окремих БРМК у складі координованої дії "рою".



Рис. 1. Дослідний зразок БРМК

На рис. 1 наведений дослідний зразок одного із БРМК, на якому відбувалась набудова та налагодження дії та функціонування всіх основних елементів керування.

1. Volyanskaya, Y., Volyanskiy, S., Onishchenko, O., Nykul, S. Analysis of possibilities for improving energy indicators of induction electric motors for propulsion complexes of autonomous floating vehicles. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. № 2(8-92). P. 25–32.

ВИКОРИСТАННЯ ПРИНЦИПУ "МОДУЛЬНОЇ КОНЦЕПЦІЇ" У ПОБУДОВІ МОРСЬКИХ БЕЗПІЛОТНИХ СУДЕН І ЇХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ

PhD Курдюк¹ С. В., к. т. н. Сапіга¹ В. В., д. т. н. Онищенко² О. А., д. т. н. Шевченко² В. А.

¹Інститут військово-морських сил Національного університету "Одеська морська академія"

²Військова академія (м. Одеса)

У "Стратегічному оборонному бюлетені України" (№ 473/2021) визначені "Інтегровані оперативні (бойові та спеціальні) спроможності сил оборони, що забезпечують стримування, стійкість і відсіч збройної агресії проти України, протидію гібридним загрозам". Зокрема, це "Формування військово-морських спроможностей України, достатніх для забезпечення оборони морського узбережжя та захисту національних інтересів в акваторії Чорного та Азовського морів". В "Стратегії Військово-Морських Сил Збройних Сил України 2035" визначається, як це буде досягнуто. Одне із ефективних рішень є використання "модульних концепцій" в суднобудуванні, зокрема, при проектуванні та будівництві військових кораблів. Це дозволяє зменшити класи кораблів із одночасним розширенням діапазону їх спроможностей. Країнами ЄС доведена здатність таких концепцій у забезпеченні зниження вартості побудови, покращанні всіх етапів життєвого циклу військових кораблів, підвищенні гнучкості у застосуванні сил флоту. Модульні концепції у суднобудуванні виходять із уніфікації корабельного оснащення та можливості його швидкої інтеграції із рештою інших корабельних систем. Під час розробки концепції гнучких систем *Standard Flex*, (Данія) реалізована вимога – час зміни профілю корабля (місії) становить 8...10 годин. При цьому, з метою скорочення часу, всі технологічні процеси інтеграції повинні протікати паралельно і незалежно.

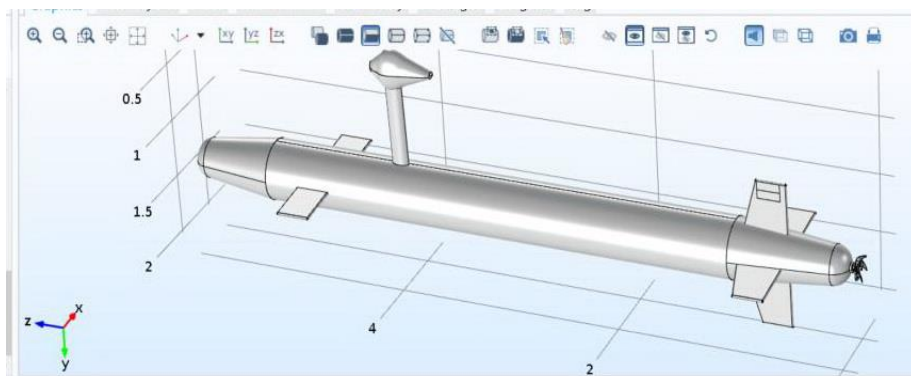


Рис. 1. Перспективний тип безпілотного плавального апарату

Результатом реалізації такої "перебудови" є зміна призначення корабля та його можливостей виконувати певні завдання (місії). Існуючі модульні концепції відрізняються системами зброї, спеціальними засобами, безекіпажними апаратами – для виконання протимінних

завдань або завдань протичовнової боротьби, допоміжним устаткуванням. Автори, на основі [1], визначили необхідні умови і принципи побудови сучасних проєктів морських безпілотних суден, які використовують різновиди модульних концепцій ("модульні контейнери", "модульні конструкції", "модульний потенціал простору") та провели попередні розрахунки декількох типів безпілотних плавальних апаратів, у тому числі - підводних, з системами електроруху і наведення.

Приклад одного із проєктів безпілотного підводного плавального апарату, побудований на основі використання "модульних концепцій", наведений на рис. 1.

1. Сапіга В. В., Онищенко О. А., Шуміло О. М. Розвиток сучасних військово-морських сил Збройних Сил України: модульні концепції. *Водний транспорт. Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій*, 2022, Т.2, № 36, с. 104-120. doi.org/10.33298/2226-8553.2022.2.36.09

ЩЕ РАЗ ПРО ОПТИМІЗАЦІЮ РОЗМІЩЕННЯ КОМПОНЕНТІВ ЕЛЕКТРОННИХ СХЕМ: ПЕРКОЛЯЦІЙНИЙ ПІДХІД

к.е.н. Обнявко Т.С., к.т.н., доц. Трушков Г.В., д.т.н., проф. Герега О.М.
Військова академія (Одеса)

Оптимізація розміщення компонентів електронних схем з метою мінімізації довжин електричних з'єднань, створення прийняттого електромагнітного середовища, забезпечення рівномірного теплового розсіювання, обумовлення передачі сигналів без спотворень, а також інших доцільних вимог – давно апробована та автоматизована процедура.

Запропонований у доповіді перколяційний підхід дозволяє не тільки призвести оптимізацію розташування елементів схеми, а й провести визначене тлумачення такого розміщення, що може бути не тільки цікаво, але й іноді сприяти евристичному вирішанню задачі.

У доповіді розглянуто перколяційну модель приділення кластерів елементів електронних схем та аналізу їх властивостей. За алгоритмом дослідження, перш за все, принципову схему пристрою перетворюють на топологічну за допомогою будь-якої спеціалізованої комп'ютерної програми, наприклад, «Sprint-Layout». Якщо в ході комп'ютерного моделювання розглядати отриману схему як перколяційне поле, то з'являється змога досліджувати кластерну систему елементів як, так звану, задачу вузлів на неупорядкованій решітці. Важливо, що у процесі формування поля створюються декілька кластерних систем; які з них підлягають аналізу залежить від мети дослідження [1].

В моделі отримано залежності низки значень перколяційних параметрів системи от відстані між її елементами (див. рисунок), яка, зрозуміло, корегує із розмірами плат, на яких розташована схема.

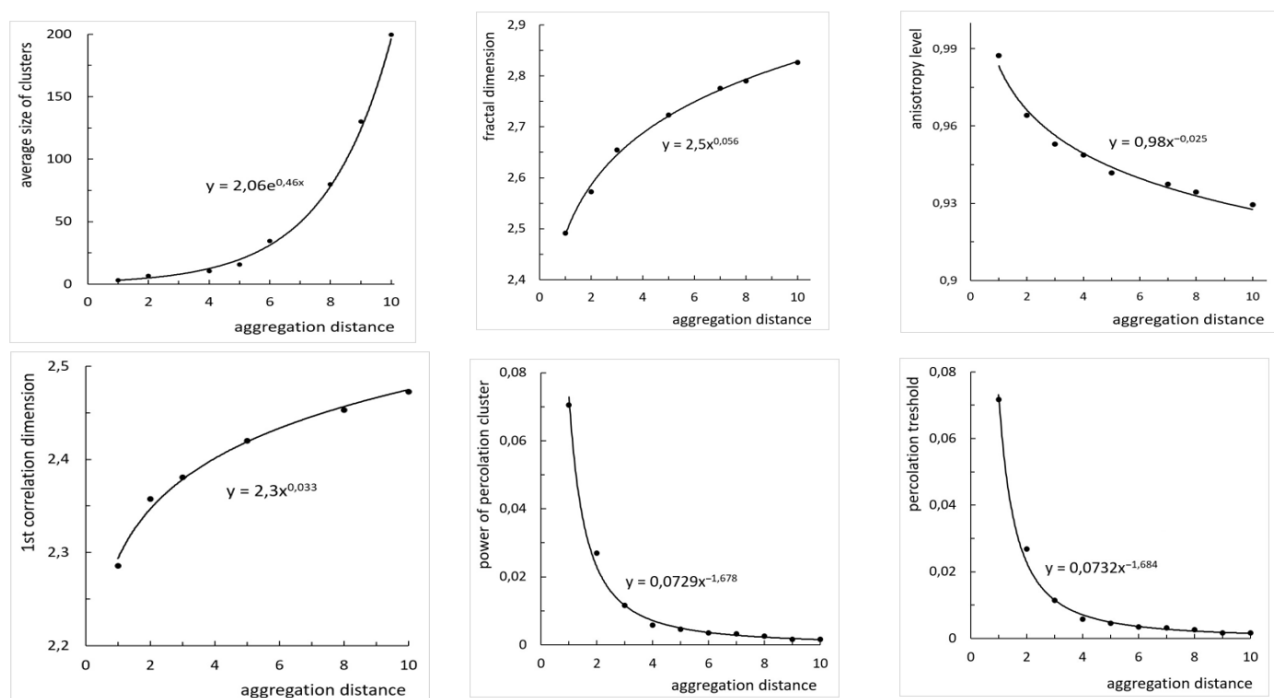


Рисунок. Залежності перколяційних параметрів системи від відстані між її елементами.

Таким чином, залежно від мети, яку ми переслідуюємо, наприклад, зробити ту чи іншу величину більше або менше, за допомогою цих графіків або аналітичних виразів можна визначити середню відстань між елементами електронних схем, а отже, й розмір плати.

Користуючись усіма шістьма графіками, можна визначити відстань агрегації елементів у кластери, на якій має бути отримано значення всіх досліджених характеристик в прийнятних інтервалах. Таким чином, отримані графічні рішення надають інструмент цілеспрямованого впливу на параметри електронних схем для оптимізації низки параметрів та покращення її працездатності в цілому.

1. Herega A. Self-Organization of the Nearest Neighborhoods of Cluster System Elements: Computer Simulation. *Journal of Materials Science and Engineering A*. 2022. V. 12 (4-6). P. 67-72.

ELECTRICAL AND POWER ENGINEERING AND ELECTROMECHANICS (EPEE 2023)

Proceedings of III International Scientific Conference

June 15, 2023

The editorial team is not responsible for the quality of the materials.

The materials of the authors' reports are provided in the form of applications for participation in the conference.

We thank the authors for following the recommended template and volume of presentations.

Responsible for the issue is Andrew Bukaros