

УДК 62-833.4

## Інтелектуальна мультисенсорна система для ідентифікації та оцінки технічного стану електротехнічного обладнання

*Стефан Зайченко<sup>1</sup>, Наталія Жукова<sup>2</sup>,  
Дмитро Яковлев<sup>3</sup>, Вадим Шаленко<sup>4</sup>, Борис Корнійчук<sup>5</sup>*

<sup>1,2,3</sup>Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
проспект Перемоги, 37, м. Київ, Україна,

<sup>4,5</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури,  
Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03037

<sup>1</sup>e-mail: zstefv@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8446-5408>

<sup>2</sup>e-mail: nataliaz127@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-4215-6981>

<sup>3</sup>e-mail: dima444666@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8176-6627>

<sup>4</sup>e-mail: vadshal@i.ua, <https://orcid.org/0000-0002-6984-0302>

<sup>5</sup>e-mail: Fait@i.ua, <https://orcid.org/0000-0003-3881-1581>

Received: 11.05.2021; Accepted: 11.06.2021

<https://doi.org/10.32347/gbdmm2021.97.0501>

**Анотація.** Сучасний етап розвитку енергетики характеризується широким використанням альтернативних та відновлюваних джерел енергії, вітрогенератори сонячні панелі. Такі системи, як правило, мають надскладну структуру і мають високу питому вартість електроенергії. Наявність поновлюваних джерел енергії дозволяє використовувати їх як окремі, але ефективність та надійність повністю залежать від добових ритмів та пори року. Ці особливості істотно обмежують використання альтернативних джерел енергії як надійного автономного джерела енергії. Наявність надійного резервного джерела живлення на сучасному підприємстві - запорука безпечної та якісної роботи.

**Ключові слова:** джерело енергії, двигун внутрішнього згоряння, автономне електропостачання, мультисенсорна система.

### ВСТУП

Єдиним надійним та економічно ефективним рішенням для резервних джерел живлення є електростанції на базі двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ). Використання цього типу обладнання для виробництва електроенергії військовими та судовими електростанціями є свідченням його найвищої надійності та безпеки серед можливих варіантів автономного електропостачання.

Частота використання резервного джерела живлення залежить від надійності основної системи електропостачання і може коливатися від одноразових запусків на рік до щоденного використання. Готовність обладнання значно знижується, як у першому випадку через інтенсивний режим роботи, так і у другому через старіння полімерних елементів системи та погіршення паливно-мастильних матеріалів, що призводить до відкладень у каналах електропостачання, розмагнічування ротора тощо. Ці процеси, які відбуваються в автономних джерелах живлення на базі двигунів внутрішнього згоряння, вимагають постійного моніторингу, щоб мати можливість використовувати це обладнання як резервне джерело живлення. Вирішенням цієї проблеми є розробка системи діагностики автономних джерел енергії на основі двигунів внутрішнього згоряння.

Вирішуючи проблему визначення технічного стану автономних джерел енергії на базі двигунів внутрішнього згоряння, дослідники залежно від сфери своєї діяльності звертають увагу на механічну (двигун внутрішнього згоряння) або електромеханічну частину (генератор) об'єкта [1-5]. При цьому використовуються різні датчики для контролю електричних, механічних і масових діагностичних параметрів. Розглядаючи лише частину об'єкта, виділяються можливі умови та діагностичні показники, які можуть визначити стан лише окремого компонента. Таким чином, ISSN(online)2709-6149. Mining, constructional, road and melioration machines, 97, 2021, 62-67

для визначення стану об'єкта необхідно впровадити комплекс тестів для окремих заздалегідь визначених компонентів, що значно збільшує час та вартість діагностики. Створення системи технічного діагностування стану автономного генератора електричної енергії на базі двигуна внутрішнього згорання з використанням нових типів датчиків, яка дозволяє з мінімальними витратами і високою надійністю визначити технічний стан об'єкта, що досліджується є актуальною науковою проблемою. Принципово новими датчиками, які з високою надійністю і швидкістю визначають діагностичні ознаки різних складних об'єктів, у тому числі, таких як людина, є електронні аналізатори газів (електронний ніс) [6-9]. Застосування електронних аналізаторів газів давно стали нормою для гірничої промисловості, пожежної служби, таможні, правоохоронних органів. Широка сфера застосування зумовила появу цілого ряду, які розділяються за принципом дії на електрохімічні, каталітичні, фотоіонізаційні, інфрачервоні, напівпровідникові, ультразвукові, голографічні.

Особливістю роботи електричних машин є недосконалість перетворення енергії зі збільшенням ентропії системи, що супроводжується з виділенням теплоти. Виділення теплоти призводить до нагрівання елементів системи, які в свою чергу інтенсивно виділяють у атмосферу молекули верхніх шарів поверхонь. Визначення хімічного складу газового оточення обладнання дозволяє локалізувати місце дефекту.

## МЕТА РОБОТИ

Метою дослідження є розроблення концепції будови системи технічного діагностування автономного генератора електричної енергії на базі двигуна внутрішнього згорання з використанням електронних аналізаторів газів.

## ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- визначити можливі стани автономного генератора електричної енергії на базі двигуна внутрішнього згорання (АГЕЕ);

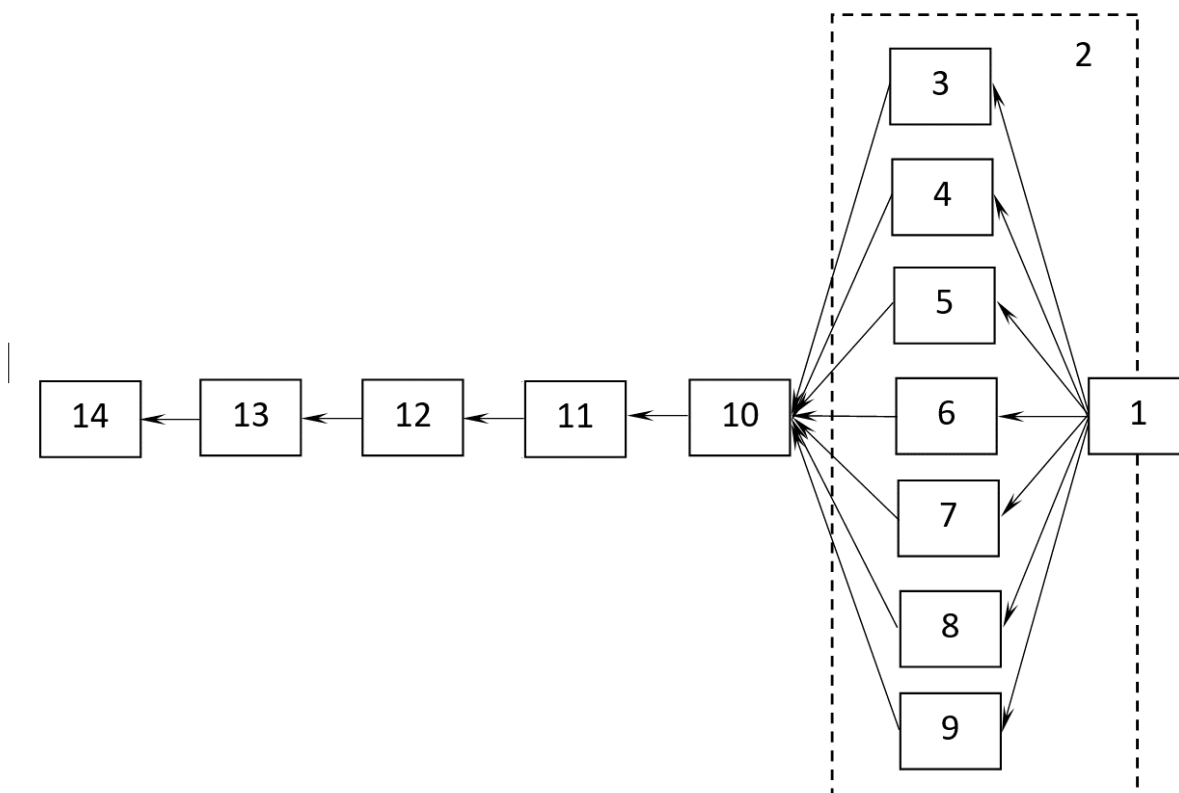
- для кожного стану автономного генератора електричної енергії визначити характерні газові випаровування;
- підібрати комплект датчиків які з високою точністю визначають концентрацію компонентів у повітрі;
- розробити алгоритм роботи комплексу обладнання технічного діагностування на основі роботи принципів нейронної системи і електронних газових датчиків;
- перевірити розроблений діагностичний комплекс електронних аналізаторів газів для визначення стану автономного генератора електричної енергії на базі двигуна внутрішнього згорання.

На Рис. 1 зображено схему інтелектуальної мультисенсорної системи для ідентифікації та оцінки технічного стану електротехнічного обладнання.

Інтелектуальна мультисенсорна система для ідентифікації та оцінки технічного стану для діагностування енергогенеруючого обладнання (Рис. 1) містить насос 1, корпус 2, датчики концентрацій метану 3, чадного газу 4, кисню 5, хлороводню 6, альдегідів 7, фенолів 8 та легких вуглеводнів 9, аналогового комутатора 10, підсилювача сигналів 11, аналого-цифрового перетворювача 12, мікроЕОМ 13 та запам'ятовуючого пристрою 14.

Інтелектуальна мультисенсорна система для ідентифікації та оцінки технічного стану працює таким чином. Насос 1 нагнітає повітря енергогенеруючого обладнання у корпус 2, в якому змонтовано датчики концентрацій метану 3, чадного газу 4, кисню 5, хлороводню 6, альдегідів 7, фенолів 8 та легких вуглеводнів 9. Сигнали з датчиків потрапляють на аналоговий комутатор 10. З аналогового комутатора 10 сигнал, збільшуючись підсилювачем сигналів 11, потрапляє до аналого-цифрового перетворювача 12, і після, до мікро ЕОМ 13. МікроЕОМ 13, в залежності від комбінації концентрацій газів, приймає рішення відносно розташування дефекту енергогенеруючого обладнання і записує данні в запам'ятовуючий пристрій 14.

Підвищення точності локалізації при пошуку дефекту шляхом додаткового хімічного аналізу газів енергогенеруючого обладнання забезпечується аналізом концентрацій хлороводню, альдегідів, фенолів та легких вуглеводнів.



**Рис. 1.** Схема інтелектуальної мультисенсорної системи для ідентифікації та оцінки технічного стану електротехнічного обладнання.

**Fig. 1.** Scheme of intelligent multi-sensor system for identification and assessment of technical condition of electrical equipment.

Система працює наступним чином.

На вхід з датчиків приходить інформація, яка передається на блоки нейронної мережі прямого поширення (НП). Якщо є збіг, то для кожної групи інформаційних ознак  $tp$  отримуємо макро-слої, що містять нейронна сеть з макрослоями (НСМ) в залежності від кількості збігів. Так, як рішення приймається завдяки наявності інформації про дефекти в кожному з наявних  $N$  слоїв НСМ, тоді вона повинна містити  $N+1$  слоїв. Де вихідний слоїв призначений для керування рішеннями в кожному наступному. Структурна схема нейронної мережі показана на Рис. 2.

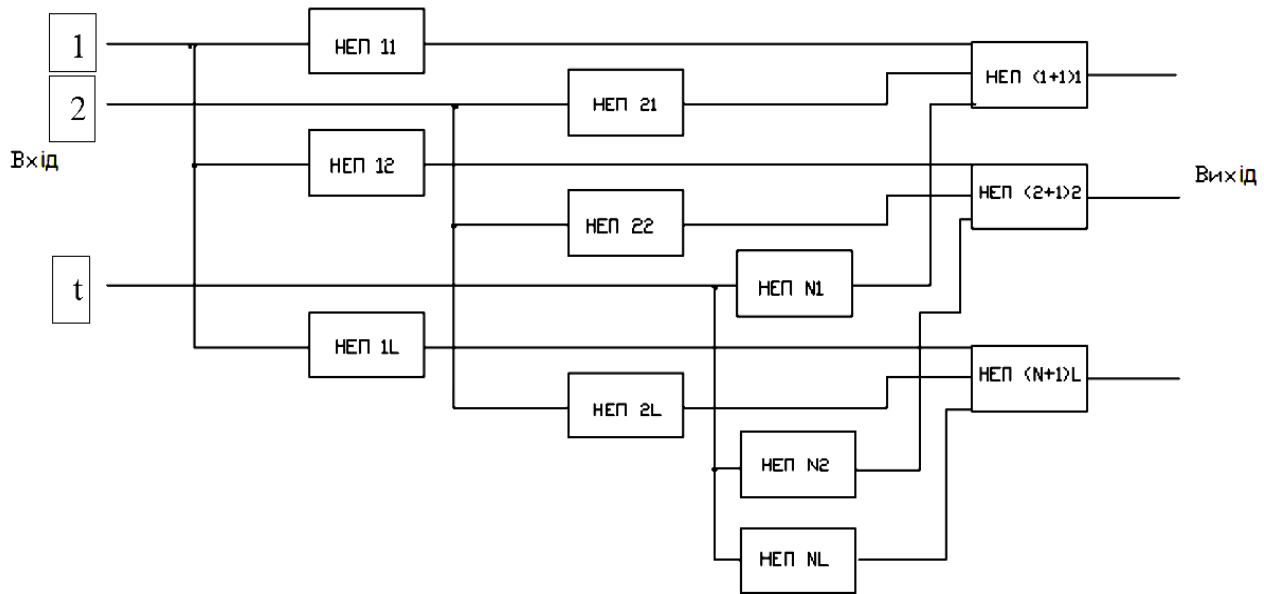
Кожна НМС налаштовується за алгоритмом зворотного поширення помилки.

Спочатку налаштовуються нейронні мережі першого слоїв. Потім вже вихідний слоїв. Для роботи НМ необхідна база даних, у якій виділено три блоки:

- база даних;
- база моделей нейронних мереж ;
- база навчальних вибірок.

База даних містить інформацію про стандарти концентрації речовин в повітрі, які необхідно аналізувати та призначені для формування навчальних вибірок.

База моделей нейронних мереж формується в процесі налаштування нейронних мереж у відповідних шарах НММ.



**Рис. 2.** Структурна схема нейронної мережі з макросломи для інтелектуальної мультисенсорної системи для ідентифікації та оцінки технічного стану електротехнічного обладнання.

**Fig. 2.** Block diagram of a neural network with macroslots for intelligent multi-sensor system for identification and assessment of technical condition of electrical equipment.

## ВИСНОВКИ

Особливістю представленої системи діагностування стану автономного генератора електричної енергії на базі двигуна внутрішнього згорання є можливість проведення діагностичних робіт без виводу обладнання з роботи, що мінімізує втрати від простою. Також використання даної системи дозволяє виявити розвиток дефекту на ранніх стадіях розвитку, що перешкоджає і значно зменшує вартість ремонту енергетичного опри виході з справного стану.

## ЛІТЕРАТУРА

1. **Denysiuk S.** Assessment of consumers power consumption optimization based on demand side management // EUREKA: Physics and Engineering.(2). – 2021. – С. 19-31.
2. **Зайченко С.** Зменшення ступені невизначеності технічного стану автономного джерела живлення/ С. Зайченко, Р. Куліш// Прикладні науково-технічні дослідження : матеріали V міжнар. наук.-прак. конф., 5-7 квіт. 2021 р. – Академія технічних наук України. – Івано-Франківськ Том 1, С. 175-178.
3. **Zaichenko S.** Determination of autonomous electrical energy source technical condition based on an internal combustion engine // 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek). – IEEE, 2020. – С. 305-308.
4. **Zaichenko S.** Autonomous electric power source energy efficiency improvement by internal combustion engine gases distribution control // 2020 IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS). – IEEE, 2020. – С. 262-265.
5. **Zaichenko S.** Substantiation of diagnostic parameters of autonomous sources of electric energy on the basis of the internal combustion engine at development of system of technical diagnostics // POWER ENGINEERING: economics, technique, ecology. – 2020. – №. 3. – С. 29-34.
6. **Saraoğlu H. M.** Elektronik burun teknolojisi ve uygulama alanları. – 2008.
7. **Saraoğlu H. M., A. O. Selvi, İnsan Nefesinden Kandaki** Glikoz ve HbA1c Değerlerinin Elektronik Burun Kullanılarak Belirlenmesi, 18. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı (BİYOMUT 2014)
8. **Saraoğlu H. M. ve Koçan M.,** “Diyabetli Kan Glukoz değerinin Nefes Kokusundan QCM Sensör Tabanlı Elektronik Burun Kullanılarak Belirlenmesi”, 15. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı (BİYOMUT 2010)

9. **Saraoğlu H. M., Selvi A. O.** Determination of glucose and Hba1c values in blood from human breath by using radial basis function neural network via electronic nose //2014 18th National Biomedical Engineering Meeting. – IEEE, 2014. – C. 1-4.

## REFERENCES

1. **Denysiuk S.** (2021). Assessment of consumers power consumption optimization based on demand side management. EUREKA: Physics and Engineering, (2), 19-31.
2. **Zaichenko S., Kulish R.** (2021). Zmenshennia stupeni nevyznache-nosti tekhnichnoho stanu avtonomnoho dzherela zhyvlennia. Prykladni naukovo-tekhnichni doslidzhennia: materialy V mizhnar. nauk.-prak. konf., 5-7 kvit. 2021. Akademiia tekhnichnykh nauk Ukrainy. Ivano-Frankivsk Tom 1, 175-178.
3. **Zaichenko S.** (2020). Determination of autonomous electrical energy source technical condition based on an internal combustion engine. 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek). IEEE, 305-308.
4. **Zaichenko S.** (2020). Autonomous electric power source energy efficiency improvement by internal combustion engine gases distribution control. 2020 IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS). IEEE, 262-265.
5. **Zaichenko S.** (2020). Substantiation of diagnostic parameters of autonomous sources of electric energy on the basis of the internal combustion engine at development of system of technical diagnostics. POWER ENGINEERING: economics, technique, ecology, No.3, 29-34.
6. **Saraoğlu H. M.** Elektronik burun teknolojisi ve uygulama alanlari, 2008.
7. **Saraoğlu H. M., A. O. Selvi, İnsan Nefesinden** (2014). Kandaki Glikoz ve HbA1c Değerlerinin Elektronik Burun Kullanılarak Belirlenmesi, 18. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı (BİYOMUT 2014)
8. **Saraoğlu H. M. ve Koçan M.** (2010). “Di-yabetli Kan Glukoz değerinin Nefes Kokusundan QCM Sensör Tabanlı Elektronik Burun Kullanılarak Belirlenmesi”, 15. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı (BİYOMUT 2010)
9. **Saraoğlu H. M., Selvi A. O.** (2014). Determination of glucose and Hba1c values in blood from human breath by using radial basis function neural network via electronic nose. 2014

18th National Biomedical Engineering Meeting. IEEE, 1-4.

### Intelligent multisensor system for identification ta estimates of the technical mill of electrical engineering

*Stefan Zaichenko<sup>1</sup>, Natalia Jukova<sup>2</sup>,  
Dmitro Yakovlev<sup>3</sup>, Vadym Shalenko<sup>4</sup>,  
Boris Korniyshuk<sup>5</sup>*

<sup>1,2,3</sup>*Kyiv Polytechnic Institute National  
Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky  
Kyiv Polytechnic Institute”*

<sup>4,5</sup>*Kyiv National University of  
Construction and Architecture*

**Abstract.** The problem of diagnosing power generating equipment by analyzing gases released into the atmosphere. The object of study is the process of diagnosing power generating equipment based on an internal combustion engine.

The purpose of the work is the research is to develop the concept of the structure of the intellectual multisensory system of technical diagnostics of the autonomous electric generator on the basis of the internal combustion engine with use of electronic gas analyzers.

To achieve this goal, the following tasks have been solved. To determine the possible states of the autonomous generator of electric energy on the basis of the internal combustion engine. For each state of the autonomous generator of electric energy to define characteristic gas evaporations. Choose a set of sensors that will determine the concentration of components in the air with high accuracy. To develop an algorithm for the operation of a set of technical diagnostic equipment for the basic work of the principles of the neural system and electronic gas sensors. To check the developed diagnostic complex of electronic gas analyzers for determination of a condition of the independent generator of electric energy on the basis of the internal combustion engine.

Improving the accuracy of localization in the search for a defect by additional chemical analysis of gases of power generating equipment is provided by the analysis of concentrations of hydrogen chloride, aldehydes, phenols and light hydrocarbons.

A feature of the presented system for diagnosing the state of an autonomous electric power generator based on an internal combustion engine is the ability to perform diagnostic work without re-  
ISSN(online)2709-6149. Mining, constructional, road and melioration machines, 97, 2021, 62-67

moving the equipment from work, which minimizes downtime. Also, the use of this system allows you to detect the development of a defect in the early stages of development, which prevents and significantly reduces the cost of repairing the energy source.

**Keywords:** energy source, internal combustion engine, autonomous power supply, multi-sensor system.