

---

---

# ОПТИЧНІ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ СЕНСОРИ І ПЕРЕТВОРЮВАЧІ В СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

---

---

УДК 621.313.322-82: 681.518.5

В.В. ГРАБКО, В.С. ОЩЕПКОВ

## ДО ПИТАННЯ ОЦІНКИ СТАНУ ІЗОЛЯЦІЇ РОТОРА ГІДРОГЕНЕРАТОРА ТЕПЛОВІЗІЙНИМ МЕТОДОМ

*Вінницький національний технічний університет, Україна*

**Анотація.** Стаття присвячена актуальній задачі відтворення теплового портрету обмоток полюсів ротора гідрогенератора в процесі його роботи. Враховуючи конструкцію гідрогенератора, складно визначити температуру обмоток ротора, який обертається в процесі роботи, традиційними методами. В даній роботі пропонується підхід, яким передбачається встановлення вздовж радіусу ротора лінійки інфрачервоних сенсорів з фіксацією напруги на виході кожного з сенсорів, яка є пропорційною вимірюваній температурі. В кожен момент часу в поле зору інфрачервоних сенсорів потрапляє лише один сегмент поверхні обмоток ротора. При повертанні ротора в поле зору сенсорів потрапляє інша частина поверхні його обмоток. Скануючи всю поверхню обмоток ротора протягом його повного оберту отримуємо тепловий портрет всієї поверхні обмоток ротора гідрогенератора. У разі локального підвищення температури по кожному пікселю, що визначається відповідним інфрачервоним сенсором, можливо оцінювати загальний тепловий стан обмоток. Не менш цікавою є задача виокремлення витка або декількох витків, що мають підвищену температуру, що обумовлено їхнім нагріванням внаслідок погіршення або пошкодження ізоляції. Розроблена математична модель, яка дозволяє математично представити один виток обмотки з підвищеною температурою, декілька витків або декілька полюсів з підвищеною температурою. Також приділена увага оцінюванню швидкості зростання температури у певній області підвищеної температури. Запропонована структура пристрою, який дозволяє ідентифікувати один виток з підвищеною температурою, що дозволяє експлуатаційному персоналу оперативно приймати рішення щодо роботоздатності гідрогенератора. Передбачено передавання сигналу значень температури кожного пікселя обмоток ротора в комп'ютер експлуатаційного персоналу для подальшого додаткового аналізу та накопичення інформації.

**Ключові слова:** ротор гідрогенератора, ізоляція обмоток, область підвищеної температури, тепловізійний метод, математична модель, пристрій.

**Abstract.** This article addresses the pressing issue of reconstructing the thermal profile of the rotor pole windings of a hydro-generator whilst it is in operation. Given the design of the hydro-generator, it is difficult to determine the temperature of the rotor windings, which rotate during operation, using conventional methods.

This paper proposes an approach involving the installation of a row of infrared sensors along the rotor radius, with the output voltage of each sensor being recorded, which is proportional to the measured temperature. At any given moment, only one segment of the rotor winding surface falls within the field of view of the infrared sensors. As the rotor rotates, another part of the winding surface enters the sensors' field of view. By scanning the entire surface of the rotor windings over the course of a full rotation, we obtain a thermal map of the entire surface of the hydro-generator's rotor windings. In the event of a localised temperature rise at each pixel, as detected by the corresponding infrared sensor, it is possible to assess the overall thermal condition of the windings. Equally interesting is the task of identifying a single turn or several turns with an elevated temperature, caused by their heating due to deterioration or damage to the insulation. A mathematical model has been developed that allows for the mathematical representation of a single winding turn with an elevated temperature, several turns, or several poles with an elevated temperature. Attention has also been paid to estimating the rate of temperature rise within a specific area of elevated temperature. A device structure is proposed that enables the identification of a single turn with an elevated temperature, allowing operational staff to make prompt decisions regarding the operational capability of the hydro generator. Provision is made for transmitting the temperature values of each pixel of the rotor windings to the operational staff's computer for further analysis and data accumulation.

**Keywords:** hydrogenerator rotor, winding insulation, high-temperature zone, thermal imaging method, mathematical model, device.

DOI: 10.31649/1681-7893-2026-51-1-313-320

---

---

# ОПТИЧНІ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ СЕНСОРИ І ПЕРЕТВОРЮВАЧІ В СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНОГО

---

---

## ВСТУП

Відомо, що гідроелектростанції відносяться до класу відновлювальних джерел електроенергії. В переважній більшості гідрогенератори використовують для покриття добових графіків навантаження в години максимуму навантаження [1,2]. Тому призначення гідрогенераторів полягає не лише у виробництві електроенергії, а й у забезпеченні надійної, стабільної та ефективної роботи енергосистеми.

Відомо, що гідрогенератори є специфічними електричними машинами і для їх безвідмовної роботи застосовується багатократний контроль роботоздатності як окремих вузлів, так і гідрогенераторів в цілому [3-7].

Окрім фізичних та механічних процесів, що протікають в конструкціях гідрогенераторів та призводять до появи дефектів, на їх технічний стан впливає також зміна параметрів режимів роботи, протікання надвисоких струмів, перегрівання ізоляції обмоток, виникнення інших факторів впливу, що може призвести до пошкодження окремих вузлів або виведення гідрогенератора з експлуатації [8].

Слід зазначити, що згідно [9,10] проводяться дослідження по вдосконаленню механічних вузлів гідрогенераторів, по покращенню властивостей ізоляції обмоток, по вдосконаленню систем моніторингу, діагностування та контролю агрегатів в цілому.

## АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ

В роботі [6] сформульовані допустимі зміни основних параметрів гідрогенераторів, за яких їх робота вважається в нормальному режимі експлуатації.

Відомо також, що протікання надвисоких струмів через обмотки гідрогенератора викликає появу динамічних зусиль, які змінюють геометрію обмоток та призводять до виникнення мікротріщин в ізоляції обмоток. Внаслідок цих та інших причин через ізоляцію починають протікати мікроструми, які з часом нагрівають ізоляцію обмоток, що призводить до зростання цих струмів і в подальшому – виникнення аварійних ситуацій [7].

Очевидно також, що ізоляція нагрівається під дією робочих струмів обмоток генератора, що в свою чергу також призводить до її старіння та скорочення терміну роботи гідроагрегатів.

Відомі системи захисту гідрогенераторів, які включають захист від замикань на землю, диференційний захист статора, захист від перевантаження, захист ротора, температурний контроль тощо [11,12,13,14]. Використання більшої кількості систем контролю та захисту дозволяє з вищою вірогідністю оцінювати рівень роботоздатності гідрогенератора.

Ми зосередимо увагу на температурному контролі обмотки ротора працюючого гідрогенератора, який є дещо ускладненим, враховуючи специфіку реалізації гідрогенератора.

Відомо, що в ряді конструкцій гідрогенераторів для оцінки рівня температури обмоток в статорі розташовують термопари. Застосування такого підходу для обмоток ротора є суттєво складнішою задачею, оскільки з ротора, який обертається в процесі роботи, для виведення інформаційних сигналів необхідно застосовувати спеціальні засоби. Крім того, навіть за умови можливості встановлення термопар або інших сенсорів, що дозволяють оцінювати рівень температури обмоток, проблема повністю не вирішується – такі сенсори не дозволяють отримати детальний тепловий портрет ротора.

Використання традиційної тепловізійної техніки також не дозволяє отримувати теплове зображення ротора в процесі його обертання. Окрім того, доступ до обертових частин гідрогенератора під час його роботи обмежено.

Тому оцінювання рівня температури поверхні обмоток ротора гідрогенератора в процесі його роботи є актуальною задачею.

## МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Метою роботи є розроблення математичної моделі та пристрою для оцінки розміру області підвищеної температури виокремленої поверхні обмоток ротора працюючого гідрогенератора.

Для досягнення поставленої мети пропонується такий підхід. Розташуємо вздовж радіуса ротора лінійку інфрачервоних сенсорів з виведенням сигналів з них на пристрій для їх обробки. Очевидно, що в процесі обертання ротора гідрогенератора в кожен момент часу в поле зору лінійки інфрачервоних сенсорів потраплятиме лише фрагмент поверхні обмоток ротора. Таким чином можливо отримати тепловий портрет всієї поверхні обмоток ротора, за якою оцінюється тепловий стан ротора в цілому з ідентифікацією кожної точки [13].

## ОПТИЧНІ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ СЕНСОРИ І ПЕРЕТВОРЮВАЧІ В СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Не менший інтерес викликає задача виявлення витка (витків) обмоток з підвищеною температурою, що, очевидно, свідчить про локальне пошкодження ізоляції обмотки, яке в кінцевому варіанті може призвести до замикання між сусідніми витками обмоток.

Тому для запобігання зазначеної ситуації зосередимо увагу на виявленні локальних областей ізоляції обмоток ротора з підвищеною температурою, що дозволить підвищити достовірність ідентифікації на ранній стадії місць можливих ослаблень ізоляції ротора.

Графічно фрагмент частини ротора гідрогенератора, на якому представлено застосування запропонованого підходу, зображено на рис. 1.

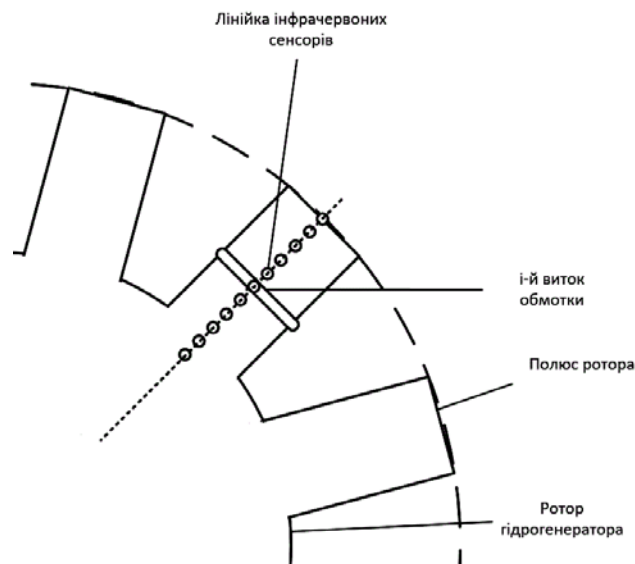


Рисунок 1 – Ілюстрація i-го витка обмотки k-го полюса ротора гідрогенератора з підвищеною температурою

Побудуємо математичну модель, що відображає виокремлення витка обмотки ротора працюючого гідрогенератора.

Прийmemo, що кількість інфрачервоних сенсорів в лінійці дорівнює  $L$ . Нехай за один оберт ротора з кожного інфрачервоного сенсора з лінійки сенсорів можна отримати сигнал  $K$  разів. Тоді загальна кількість отриманих точок (пікселів) теплового портрета ротора гідрогенератора  $N$  визначається як

$$N = L \cdot K. \quad (1)$$

Позначимо  $i$  – м індексом кожен інфрачервоний сенсор. Зрозуміло, що  $i = \overline{1, L}$ . Індексом  $j = \overline{1, K}$  позначимо кожен поточний сегмент сканування поверхні ротора гідрогенератора. Індексом  $s = \overline{1, P}$  враховуємо кожен з сегментів поверхні ротора, які приходяться на обмотку кожного полюса. Кількість полюсів ротора гідрогенератора позначимо літерою  $M$ , а кожен полюс – відповідно індексом  $k = \overline{1, M}$ .

Очевидно, що загальна кількість пікселів, які беруться до уваги при визначенні температури обмоток полюсів ротора, визначається за виразом

$$L \cdot P \cdot M < N. \quad (2)$$

Нехай  $T_i$  – поточна температура однієї точки поверхні обмоток ротора гідрогенератора, що визначається  $i$ -м інфрачервоним сенсором. Тоді позначимо  $T_{i \min}$  – найменше значення температури, яким задається поріг контролю рівня температури обмоток полюсів.

Представимо сигнал, яким фіксується перевищення температури понад  $T_{i \min}$ , у вигляді цифрового сигналу логічної одиниці (позначимо його літерою  $H$ ), тобто  $T_i \geq T_{i \min} \rightarrow H = 1$ . Відповідно, значення температури, що знаходиться нижче порогу контролю, вважатимемо сигналом логічного нуля  $T_i < T_{i \min} \rightarrow H = 0$ .

Таким чином, у разі перевищення мінімального порогу температури фрагмент теплового поля обмотки ротора можна представити у вигляді певної сукупності сигналів логічної одиниці.

На підставі викладеного ідентифікацію  $i$ -го витка обмотки  $k$ -го полюса ротора з підвищеною температурою представимо у вигляді сукупності пікселів, що описуються формулою

## ОПТИЧНІ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ СЕНСОРИ І ПЕРЕТВОРЮВАЧІ В СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНОГО

$$\sum_{s=b}^{s+P} H_{isk} = P, \quad (3)$$

в якій  $b$  – початковий номер сегменту обмотки полюса ротора, де зафіксоване підвищене значення температури.

Очевидно, що коли підвищена температура має місце тільки в частині ізоляції витка полюса, то відповідна формула має вигляд

$$\sum_{s=b}^{s+P} H_{isk} < P. \quad (4)$$

Якщо ж локальна область підвищеної температури обмотки полюса ротора гідрогенератора охоплює декілька витків, то відповідний математичний опис розміру області матиме вигляд

$$\sum_{i=g}^{i+w} \sum_{s=b}^{s+P} H_{isk} = (w - g + 1)P, \quad (5)$$

де  $g$  – початковий номер сенсора температури, яким зафіксовано підвищене значення температури, а  $w$  – номер сенсора, в зону видимості якого потрапляє останній фрагмент обмотки ротора гідрогенератора з підвищеною температурою.

Аналогічно продемонструємо, що у випадку підвищеної температури, наприклад, в декількох суміжних полюсах ротора гідрогенератора розмір відповідної області описується формулою

$$\sum_{k=f}^{k+q} \sum_{i=1}^L \sum_{s=b}^{s+P} H_{isk} = (q - f + 1)LP, \quad (6)$$

де  $f$  – початковий номер полюса ротора, в якому зафіксовано підвищене значення температури, а  $q$  – номер полюса ротора, який потрапляє останнім в зону видимості області обмотки з підвищеною температурою.

У разі розширення області підвищеної температури в одному витку обмотки полюса відповідний математичний опис представимо у вигляді виразу

$$\sum_{s=b}^{s+P} H_{isk(d+1)} > \sum_{s=b}^{s+P} H_{iskd}, \quad (7)$$

в якому літерою  $d$  позначено  $d$  – й оберт ротора гідрогенератора.

Очевидно, що збільшення розміру області підвищеної температури в обмотках ротора серед декількох витків одного полюса або декількох полюсів можна проілюструвати аналогічно.

Відповідно до формулювань викладеної математичної моделі в роботі запропонована структура пристрою для виявлення поверхні  $i$ -го витка обмотки  $k$ -го полюса ротора гідрогенератора з підвищеною температурою. Зазначена структура пристрою наведена на рис. 2, де введено такі позначення: 1.1 – 1.L – інфрачервоні сенсори; 2 – блок задання положення; 3 – сенсор положення; 4 – цифровий компаратор; 5 – генератор імпульсів; 6 – тригер; 7 – елемент І; 8 – дільник частоти; 9 – буферний регістр; 10 – лічильник; 11 – комутатор; 12, 13 – лічильники; 14 – елемент АБО; 15 – тригер; 16, 17 – елементи І; 18, 19 – регістри; 20 – цифровий компаратор; 21 – компаратор; 22 – інтерфейсний блок; 23 – елемент І; 24 – формувач імпульсів; 25 – лічильник; 26 – регістр; 27 – цифровий індикатор.

Робота пристрою пояснюється так. При ввімкненні напруги живлення генератор імпульсів 5 починає формувати послідовність імпульсів.



## ОПТИЧНІ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ СЕНСОРИ І ПЕРЕТВОРЮВАЧІ В СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНОГО

Після завершення сканування обмотки одного полюсу на виході лічильника 13 з'являється імпульс, яким обнуляються регістри 18 та 19. Цим же сигналом цифровий код з виходу лічильника 25 переписується в регістр 26 і по його завершенню на виході формувача імпульсів 24 з'являється імпульс, яким обнуляється лічильник 25.

Після цього сканується обмотка чергового полюсу ротора гідрогенератора.

По завершенню сканування всіх полюсів ротора гідрогенератора на виході першого цифрового компаратора 4 з'являється імпульс, яким обнуляється лічильники 12 і 13 та регістри 18 і 19. Цим же сигналом цифровий код з виходу лічильника 25 переноситься в регістр 26 і по його задньому фронту на виході формувача імпульсів 24 з'являється сигнал, яким обнуляється лічильник 25.

Вміст регістра 26 почергово відображається на цифровому індикаторі 27, на якому висвітлюється розмір області підвищеної температури вздовж одного витка обмотки кожного полюсу ротора гідрогенератора, що і є сигналом для обслуговуючого персоналу щодо можливості подальшої експлуатації гідрогенератора.

У разі, коли підвищену температуру має тільки фрагмент ізоляції витка полюса обмотки в цифровому індикаторі 27 фіксується число, що підтверджує виникнення локальної області підвищеної температури.

Цикл сканування поверхні ротора гідрогенератора повторюється. Одночасно сигнал з виходу комутатора 11 через інтерфейсний блок 22 передається в комп'ютер експлуатаційного персоналу для подальшого аналізу. Зазначимо, що за таким же принципом можливо реалізувати пристрій, яким можливо ідентифікувати декілька витків обмотки ротора з підвищеною температурою.

Зауважимо, що за розмірами області обмотки полюса ротора з підвищеною температурою оперативним персоналом акцентується увага на значення температури та швидкість її зміни, що є індикатором для прийняття рішення щодо подальшої експлуатації гідрогенератора.

### ВИСНОВКИ

На основі проведеного аналізу запропоновано для визначення області підвищеної температури обмотки полюсів ротора гідрогенератора застосувати лінійку інфрачервоних сенсорів, що розташовуються вздовж радіусу ротора, з послідовною обробкою вихідних сигналів сенсорів.

Розроблено математичну модель оцінки області підвищеної температури в межах одного витка обмотки, декількох витків або декількох полюсів ротора гідрогенератора.

За математичною моделлю розроблено структуру пристрою для виявлення витка обмотки полюса ротора гідрогенератора з підвищеною температурою.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кудря С.О. Відновлювальні джерела енергії. Монографія. Київ : Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020, 392 с.
2. Сегеда М. С. Електричні системи та мережі: Підручник / М. С. Сегеда. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2015, 540 с.
3. Biet M. Rotor faults diagnosis in synchronous generators using feature selection and nearest neighbors rule / M. Biet, A. Bijeire // IEEE Symposium on Diagnostics for Electrical Machines, Power Electronics and Drivers Conf., 2011, pp. 300–306.
4. Neti P. Stator inter-turn fault detection of synchronous machines using field current and rotor search-coil voltage signature analysis / P. Neti, S. Nandi // IEEE Transactions on Industry Applications, 2009, Vol. 45, No. 3, pp. 911–920.
5. Condition monitoring of rotating electrical machines / P. Tavner, L. Ran, J. Penman, H. Sedding. London, United Kingdom: The Institution of Engineering and Technology, 2008, 282 p.
6. ISO 19283:2020 Condition monitoring and diagnostics of machines – Hydroelectric generating units. ISO copyright office: Geneva, Switzerland, 2020, 70 p.
7. Левицький А. С., Зайцев Є. О., Березниченко В. О. Особливості вимірювання радіального биття циліндричних поверхонь валу гідроагрегату, *Гідроенергетика України*, № 1-2, с. 39-44, 2019.
8. Glenn Mottershead, Stefano Bomben, Isidor Kerszenbaum, Geoff Klempner Handbook of Large Hydro Generators: Operation and Maintenance (IEEE Press Series on Power and Energy Systems), John Wiley & Sons, 2021, 672 p.

---

---

## ОПТИЧНІ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ СЕНСОРИ І ПЕРЕТВОРЮВАЧІ В СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНОГО МОНИТОРИНГУ

---

---

9. Безпрозваних Г. В. Конструктивно-технологічні рішення підвищення електричних характеристик високовольтної композитної електроізоляційної системи електричних машин : монографія / Г. В. Безпрозваних, О. В. Рогинський. Харків: Друкарня Мадрид, 2023, 137 с.
10. Хвалін Д. І. Основні вимоги до сучасних систем діагностики потужних турбогенераторів, *Ядерна енергетика та довкілля*, № 1 (23), с. 28-38, 2022.
11. Лагутін В. М., Лесько В. О., Тептя В. В. Релейний захист генераторів малої та середньої потужності: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 104 с., 2017.
12. Reimert D. *Protective Relaying for Power Generation Systems*. CRC Press, 592 p., 2017.
13. Пат. 159826 UA, МПК G01K13/08. Пристрій для тепловізійного діагностування ротора гідрогенератора / В.В. Грабко, В.В. Грабко, В.С. Ощепков, В.Л. Поліщук (Україна). - № u202405991; заявл. 17.12.2024; опубл. 09.07.2025, Бюл. № 28/2025.
14. Kukharchuk, V.V., Pavlov, S.V., Holodiuk, V.S., et al. Information conversion in measuring channels with optoelectronic sensors, *Sensors*, 2022, 22(1), 271

### REFERENCES

1. Kudrya S.O. Renewable energy sources. Monograph. Kyiv: Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of the Republic of Ukraine, 2020, 392 p.
2. Segeda M. S. (2015) Electrical networks and systems: a textbook, National university «Lvivska politechnika», 3rd edition revised and supplemented, Lviv: Lvivska politechnika, 540 p.
3. Biet M. Rotor faults diagnosis in synchronous generators using feature selection and nearest neighbors rule / M. Biet, A. Bijeire // IEEE Symposium on Diagnostics for Electrical Machines, Power Electronics and Drivers Conf., 2011, pp. 300–306.
4. Neti P. Stator inter-turn fault detection of synchronous machines using field current and rotor search-coil voltage signature analysis / P. Neti, S. Nandi // IEEE Transactions on Industry Applications, 2009, Vol. 45, No. 3, pp. 911–920.
5. Condition monitoring of rotating electrical machines / P. Tavner, L. Ran, J. Penman, H. Sedding. London, United Kingdom: The Institution of Engineering and Technology, 2008, 282 p.
6. ISO 19283:2020 Condition monitoring and diagnostics of machines – Hydroelectric generating units. ISO copyright office: Geneva, Switzerland, 2020, 70 p.
7. Levitsky A. S., Zaitsev E. O., Bereznichenko V. O. Features of measuring radial runout of cylindrical surfaces of a hydraulic unit shaft, *Hydropower industry of Ukraine*, № 1-2, p. 39–44, 2019.
8. Glenn Mottershead, Stefano Bomben, Isidor Kerszenbaum, Geoff Klempner Handbook of Large Hydro Generators: Operation and Maintenance (IEEE Press Series on Power and Energy Systems), John Wiley & Sons, 2021, 672 p.
9. Bezprozvannykh G. V. Structural and technological solutions for improving the electrical characteristics of a high-voltage composite electrical insulation system of electric machines: monograph / G. V. Bezprozvannykh, O. V. Roginsky. Kharkiv: Madrid Printing House, 2023, 137 p.
10. Khvalin D. I. Basic requirements for modern diagnostics systems for powerful turbogenerators, *Nuclear Energy and Environment*, No. 1 (23), pp. 28-38, 2022.
11. Lagutin V. M., Lesko V. O., Teptya V. V. Relay protection of small and medium power generators: a textbook. Vinnytsia: VNTU, 104 p., 2017.
12. Reimert D. *Protective Relaying for Power Generation Systems*. CRC Press, 592 p., 2017.
13. Пат. 159826 UA, МПК G01K13/08. Device for thermal imaging diagnostics of the hydrogenerator rotor / V.V. Grabko, V.V. Grabko, V.S. Oshchepkov, V.L. Polishchuk (Ukraine). - No. u202405991; appl. 17.12.2024; publ. 09.07.2025, Bull. No. 28/2025.
14. Kukharchuk, V.V., Pavlov, S.V., Holodiuk, V.S., et al. Information conversion in measuring channels with optoelectronic sensors, *Sensors*, 2022, 22(1), 271

Дата надходження: 12.01.2026

Дата прийняття до друку після рецензування: 25.02.2026

Дата публікації: 18.06.2026

Ця робота ліцензується відповідно до  
[Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

---

---

**ОПТИЧНІ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ СЕНСОРИ І ПЕРЕТВОРЮВАЧІ В  
СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНОГО**

---

---

**ГРАБКО ВАЛЕНТИН ВОЛОДИМИРОВИЧ** – кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, Україна, *e-mail:* [grabko@vntu.edu.ua](mailto:grabko@vntu.edu.ua), <https://orcid.org/0009-0003-8743-8258>

**ОЩЕПКОВ ВІКТОР СЕРГІЙОВИЧ** – аспірант кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, Україна, *e-mail:* [viti113555@gmail.com](mailto:viti113555@gmail.com), <https://orcid.org/0009-0000-3285-7883>

**Valentin GRABKO, Viktor OSHCHERKOV**

**ON THE ISSUE OF ASSESSING THE CONDITION OF THE HYDROGENERATOR ROTOR  
INSULATION USING THE THERMAL VISION METHOD**

Vinnytsia National Technical University, Ukraine