

## ПЕРСПЕКТИВИ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ РОТОРА ГІДРОГЕНЕРАТОРА

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Проведено аналіз відомих підходів до діагностування технічного стану гідрогенераторів. Зроблено акцент на застосування тепловізійних методів діагностування, зокрема для визначення технічного стану ротора, що обертається. Представлено засіб для визначення теплового портрета ротора гідрогенератора. Розглянуто ряд додаткових функцій, які при реалізації можуть сприяти підвищенню рівня діагностування ротора гідрогенератора.

**Ключові слова:** ротор гідрогенератора, діагностування, теплове старіння, температура.

### Abstract

An analysis of known approaches to diagnosing the technical condition of hydro generators has been carried out. Emphasis is placed on the use of thermal imaging diagnostic methods, in particular for determining the technical condition of the rotating rotor. A tool for determining the thermal profile of the hydrogenerator rotor is presented. A number of additional functions are considered, which, when implemented, can contribute to increasing the level of diagnostics of the hydrogenerator rotor.

**Keywords:** hydro generator rotor, diagnosing, heat aging, temperature.

Відомо, що гідрогенератор є складною електричною машиною вертикального виконання [1 - 3]. Для забезпечення його довготривалою та надійної роботи застосовуються різноманітні методи та засоби його діагностування. Звичайно, враховуючи сучасні тенденції розвитку технологій діагностування, перевага надається тим підходам, які дозволяють здійснювати діагностування гідрогенератора в процесі його роботи.

Особливістю виконання гідрогенераторів є специфічність їхньої конструкції, яка полягає у тому, що гідрогенератор розташовується в герметичній капсулі, що в певній мірі ускладнює застосування деяких методів діагностування. Ще більше ускладнюється процес діагностування ротора гідрогенератора, який в процесі роботи обертається.

Великий інтерес має процес діагностування ротора працюючого гідрогенератора, зокрема визначення теплового стану обмоток ротора гідрогенератора.

Одним із відомих підходів є застосування специфічних тепловізійних засобів діагностування [4]. При цьому лінійка інфрачервоних сенсорів розташовується по радіусу ротора, в кожен момент часу в її поле зору потрапляє фрагмент поверхні ротора, який виводиться на екран блока візуалізації теплового поля, внаслідок чого отримуємо нерухоме теплове зображення поверхні обмотки ротора гідрогенератора.

Структурна схема простого пристрою для тепловізійного діагностування ротора гідрогенератора зображена на рисунку 1.

На схемі: 1 – об'єктив; 2 – інфрачервоний приймач з інфрачервоними сенсорами; 3 – блок задання положення; 4 – цифровий компаратор; 5 – елемент І; 6 – генератор імпульсів; 7 – тригер; 8 – елемент І; 9 – дільник частоти; 10 – буферний регістр; 11 – датчик положення; 12 – регістр; 13 – генератор імпульсів; 14 – розподілювач тактів; 15 – регістр; 16 – цифровий суматор; 17 – блок задання швидкості; 18 – цифровий компаратор; 19 – тригер; 20 – індикатор; 21 – комутатор; 22 – блок підготовки даних; 23 – блок пам'яті; 24 – лічильник; 25 – відеоконтрольний блок; 26, 27 – керовані підсилювачі; 28 – генератор напруги.

Принцип роботи пристрою полягає в наступному. Потік інфрачервоного випромінювання, який створюється поверхнею ротора гідрогенератора, що знаходиться на деякій відстані від оптичної системи пристрою, потрапляє через об'єктив 1 на лінійку інфрачервоних сенсорів 2.1 – 2.п інфрачервоного приймача 2, розташованих вздовж радіуса ротора. Ця інформація у вигляді

електричних сигналів записується по чергову в буферний регістр 10 та через комутатор 21 надходить в блоки 23 – 28, в яких здійснюється візуалізація теплового портрета ротора гідрогенератора, що обертається в процесі роботи.

Синхронізація зчитування інфрачервоного випромінювання забезпечується так. На виході датчика положення 11 в процесі обертання ротора змінюються цифрові коди, які записуються в регістри 12 та 15 за сигналами з розподільвача тактів 14. Різниця цих кодів являє собою швидкість обертання ротора, яка обчислюється в суматорі 16 та порівнюється з номінальною в цифровому компараторі 18. Отже, коли швидкість обертання ротора стає номінальною всі інші блоки пристрою забезпечують синхронний вивід тепловізійної інформації, внаслідок чого ми отримуємо тепловий портрет ротора та паралельне передавання сигналів в систему комплексного діагностування гідрогенератора.

Очевидно, що для детальнішого аналізу теплового портрета ротора гідрогенератора необхідно отримувати найбільшу та найменшу температури ротора, розмір області з підвищеною температурою (у разі виникнення локального нагріву фрагменту обмотки із-за погіршення стану ізоляції), номер полюсу, в якому відбуваються процеси, пов'язані з підвищеною температурою, визначення залишкового ресурсу ізоляції внаслідок впливу підвищеної температури на обмотку ротора гідрогенератора тощо.

Очевидно, що корисною може бути і додаткова інформація, зокрема наскільки швидкість обертання ротора гідрогенератора відрізняється від номінальної, коректне визначення теплового портрета у разі зміни швидкості обертання ротора, формування теплового портрета при реверсному обертанні ротора (наприклад, в гідроакумуючих електростанціях) та цілий ряд іншої інформації.

В даній роботі приділено увагу саме питанням розширення функціональних можливостей пристрою для діагностування ротора гідрогенератора шляхом введення в пристрій додаткових елементів, що реалізують зазначені вище функції та інші, які поки що не досліджені в повній мірі.

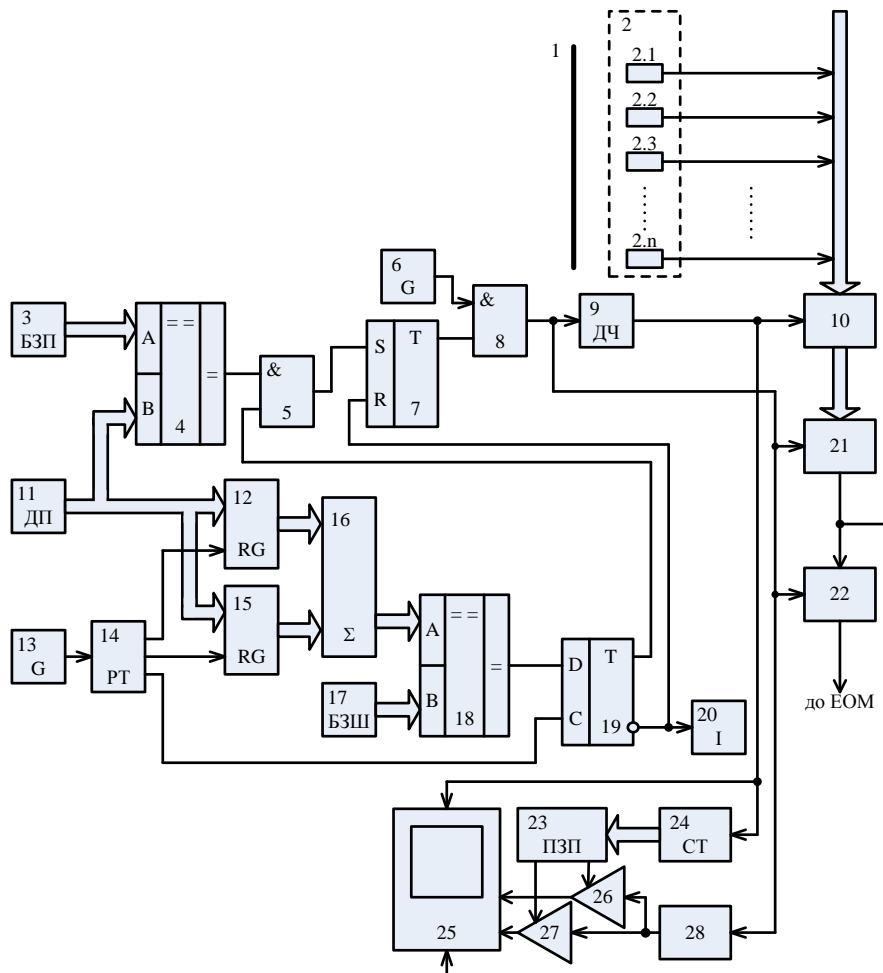


Рис. 1 – Структурна схема пристрою для тепловізійного діагностування ротора гідрогенератора

## Висновки

В роботі приділено увагу аналізу існуючих підходів до діагностування технічного стану гідрогенераторів. Зроблено акцент на застосування тепловізійних методів діагностування, зокрема для визначення технічного стану ротора, що обертається. Продемонстровано засіб для визначення теплового портрета ротора гідрогенератора. Розглянуто ряд додаткових функцій, які при реалізації можуть сприяти підвищенню рівня діагностування ротора гідрогенератора.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Mottershead G. Handbook of Large Hydro Generators: Operation and Maintenance, First Edition / G.Mottershead, S.Bomben, I.Kerszenbaum, G.Klempner. – Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2021. – 672p.
2. Бардик Є. І. Електрична частина станцій та підстанцій. Основне електрообладнання : навчальний посібник / Є. І. Бардик, М. П. Лукаш. – Київ : НТУУ «КПІ», 2011. – 220 с
3. Лагутін В. М. Обслуговування турбо- та гідрогенераторів: навчальний посібник / В. М. Лагутін, В. В. Нетребський, В. В. Тептя. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 98 с.
4. Пат. 66866 Україна, МПК G 01 K 13 / 08. Пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора / Грабко В.В., Кухарчук В.В., Грабко В.В.; Заявник та патентоутримувач Вінницький національний технічний університет. – № u201107102; Заявл. 06.06.2011; Опубл. 25.01.2012; Бюл. №2. – 5 с.

**Грабко Валентин Володимирович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, [grabko@vntu.edu.ua](mailto:grabko@vntu.edu.ua)

**Іскра Богдан Ігорович** – студент факультету електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

**Grabko Valentyn V.** – PhD, Docent, Docent with the Department of Computerized Electromechanical Systems and Complexes, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, [grabko@vntu.edu.ua](mailto:grabko@vntu.edu.ua)

**Iskra Bohdan I.** - Faculty of Electricity and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia