

ТЕРМОДІАГНОСТИКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Сьомик А.О., Пильтій С.С., магістранти, Бондаренко В.І., ст. викл., Болотний М.П.,
к.т.н., ст. викл.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії

Вступ. Проведений статистичний аналіз даних функціонування сучасних електроенергетичних системах світу показує високу частку пошкоджуваності електрообладнання [1]. Для надійного функціонування енергосистеми необхідно здійснювати он-лайн моніторинг, реалізовувати своєчасні ремонт чи заміну електрообладнання. Силовий трансформатор (СТ) є одним із найважливіших елементів енергосистем, тому оцінка його технічного стану потребує розробки або вдосконалення наукових методів для забезпечення надійного електропостачання відповідальних споживачів енергосистеми.

Постановка задачі. Для оцінки технічного стану можна виділити наступні підходи – комплексне обстеження об'єкта та ранжування. Комплексне обстеження об'єкта стосується проведення повного циклу випробувань і вимірювань з високою точністю при відповідних витратах, та придатне для відносно невеликої кількості об'єктів. Ранжування, в свою чергу, передбачає «швидку» оцінку технічного стану, дозволяє вибудувати пріоритети для подальших обстежень з комплексного обстеження та може застосовуватися для великої кількості об'єктів, невисокій ціні при відносно невисокій точності оцінки.

Оцінка технічного стану має особливо високу ефективність в наступних випадках:

- приймання об'єкта на баланс; страхування об'єктів;
- відсутність можливості по значній модернізації електроенергетичних об'єктів (підтримка старих об'єктів в працездатному стані);
- визначення наслідків при ненормований впливі (чи отримав об'єкт пошкодження внаслідок сторонніх причин, наприклад, короткого замикання, блискавка і т.п.).

Метою роботи є аналіз можливостей інфрачервоної термодіагностики технічного стану СТ.

Матеріали і результати досліджень. Термографічний контроль – це різновид теплового методу неруйнівного контролю, який здійснюється дослідженням теплового випромінювання об'єктів [2]. У теплових методів неруйнівного контролю використовується тепла енергія, що розповсюджується в об'єкті контролю. На рис.1 зображене температурне поле поверхні об'єкта, яке є джерелом інформації про особливості процесу теплопередачі, яке у свою чергу залежить від внутрішніх чи зовнішніх дефектів.

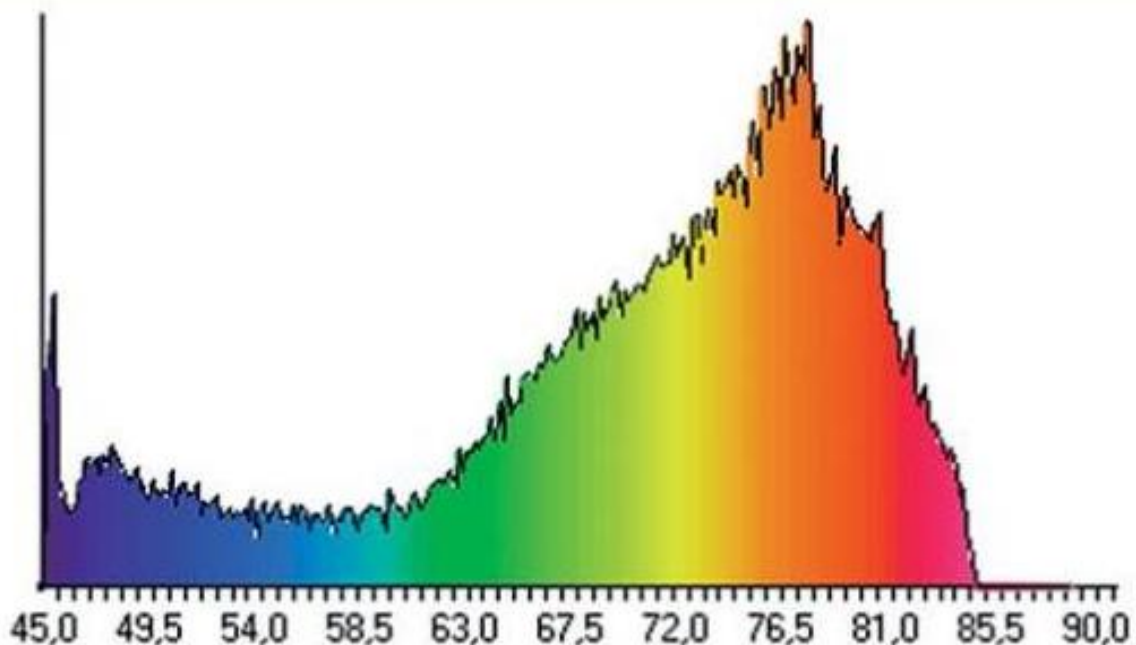
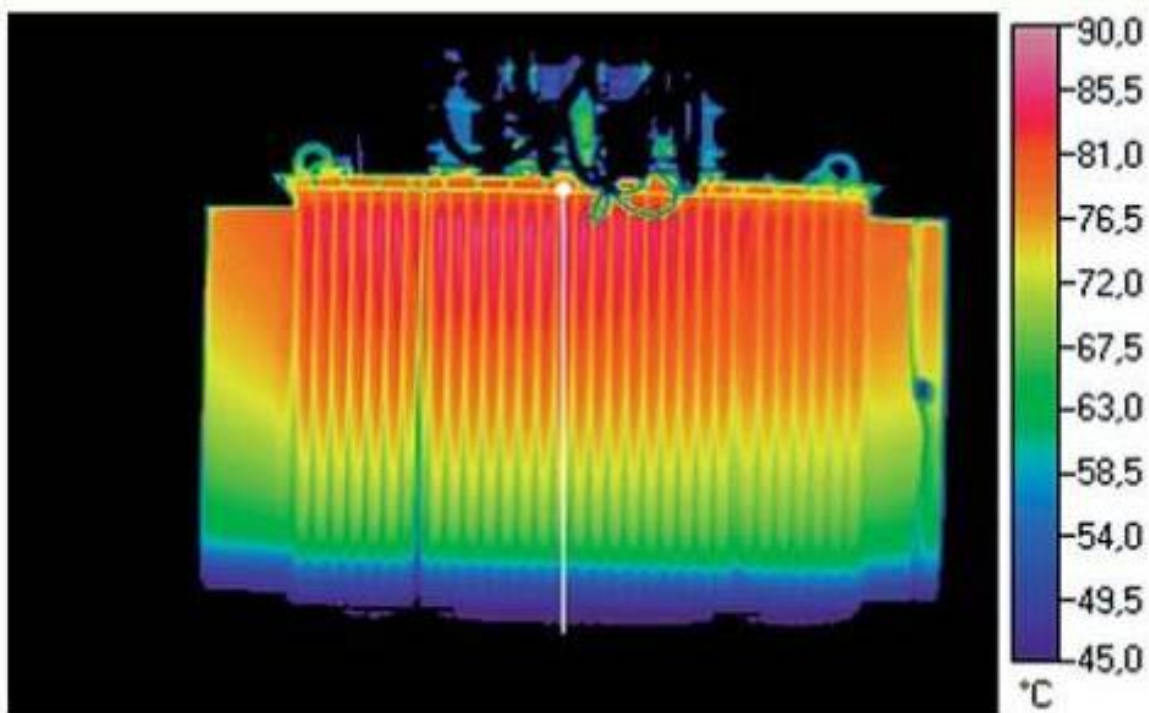


Рисунок 1 – Термограма та її образ для силового оливного трансформатора типу ТМ-1000/10/0,4 кВ при 100 % навантаженні

У роботі підприємств енергетичного сектора, основними напрямками теплового контролю є пошук перегрітих ділянок електромереж, димових труб, парових та водогрійних котлів. Тепловізори також часто застосовуються для пошуку несправностей у теплоізоляції, трубопроводів та турбін, визначення місць підсмоктування холодного повітря, для перевірки ефективності роботи систем охолодження трансформаторів, двигунів, ліній електропередач та іншого обладнання.

Окремим напрямком телевізійного контролю в енергетиці, є моніторинг сонячних енергосистем, який проводиться для забезпечення безпеки та аналізу

експлуатаційних показників. У сучасних тепловізорах передбачено можливість введення показника інтенсивності сонячного випромінювання, яке зберігається разом із тепловими знімками і надалі може бути використано для аналізу результатів контролю.

Тепловий контроль є сучасним напрямком у діагностиці електрообладнання, заснований на вимірюванні, аналізі та моніторингу температури об'єктів.

Розрізняють контактні та безконтактні прилади теплового контролю. До контактних приладів теплового контролю можна віднести наступні: термомари, металеві і напівпровідникові опори, термоіндикатори, манометричні та рідинні термометри. Безконтактними є тепловізори, пірометри, термографи, квантові лічильники, тощо.

Портативні пірометри дозволяють оперативно провести вимірювання температури в локальних точках механічного та електричного обладнання на нерухомих, віддалених та обертових деталях [3].

Робота пірометра полягає в ідентифікації теплових хвиль, які випромінюються від нагрітої поверхні. Дія пірометрів випромінювання заснована на фотоелектричній, візуальній та фотографічній реєстрації інтенсивності теплового випромінювання нагрітих тіл, пропорційного їх температурі. Пірометри мають об'єктив для фокусування випромінювання, фотодетектор, світлофільтри та блок електронної обробки сигналу. При контролі температури об'єктів у важкодоступних місцях застосовують пірометри у поєднанні з волокно-оптичними світловодами.

Основною перевагою пірометрів є отримання недоступної раніше інформації про температуру деталей та вузлів. В галузі електричного обладнання – контроль температури контактів та елементів схем управління.

Нерідко пірометрами користуються у сфері електроенергетики для вимірювання елементів у розподільних щитах, трансформаторах, кабелях та контактних з'єднань.

Одним з різновидів пірометрів є тепловізори, які працюють за принципом порівнювання спектра випромінювання тепла із зразковим спектром.

При телевізійному контролі виявляються такі види дефектів і несправності електрообладнання [3, 4]:

- порушення температурного режиму контактних з'єднань (болтових, зварених, опресованих, паяних);
 - стан опорної та підвісної ізоляції;
 - стан вентильних розрядників, обмежувачів перенапруги, трансформаторів струму та напруги, конденсаторів зв'язку;
 - порушення режимів роботи систем охолодження силових трансформаторів;
 - дефекти високовольтних вводів;
 - локальні осередки нагріву поверхонь баків трансформаторів та вимикачів;
 - пошкодження міжлистової ізоляції активної сталі статорів генераторів.
- Тепловізійний контроль дозволяє:

- попередити виникнення аварійних ситуацій у електрообладнання і тим самим підвищити надійність електропостачання споживачів;
- у разі знизити витрати на ремонти, оскільки ушкодження, що виявляються на ранніх стадіях та потребують невеликих фінансових вкладень;
- оцінити дійсний стан електроустаткування з визначенням запасу його працездатності, що особливо актуально для обладнання, що відпрацювало великі терміни.

Слід зазначити основні переваги телевізійного контролю перед традиційними методами оцінки стану обладнання [4]:

1. Телевізійний контроль проводиться у робочому стані обладнання, тобто під навантаженням та напругою. Результати обстеження у такому стані є достовірнішими, ніж результати обстежень після зняття навантаження чи напруги.

2. Телевізійний контроль проводиться без відключення обладнання та в будь-який час. Тому телевізійне обстеження обладнання не заважає підприємству виконувати своє основне завдання щодо передачі та розподілу електроенергії.

3. Оскільки пошкодження виявляються на працюючому обладнанні, то є запас часу для підготовки виведення дефектного обладнання в ремонт, не відключаючи електроустановку та скорочуючи час ремонту до мінімуму.

Висновок. Найбільш ефективним і простим для сьогодення вважається метод тепловізійного контролю стану електроустаткування. Але також є таке обладнання електричних станцій та підстанцій, стан яких не просто контролювати за допомогою тепловізорів, тому що найбільш нагріті точки знаходяться в глибині електроустановки.

Перелік посилань

1. Bardyk E., Bolotnyi N. Development of a mathematical model for cost distribution of maintenance and repair of electrical equipment. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2018, vol. 6, no. 8, p. 6–16. doi: 10.15587/1729-4061.2018.147622
2. Schuster, S. Performance evaluation of algorithms for SAW-based temperature measurement / S. Schuster, S. Scheibhofer, L. Reindl, A. Stelzer // *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*. – 2006 – Volume 53 – Issue 6 – p. 1177–1185.
3. Карапетьян, Г.Я. Пассивный датчик на ПАВ для дистанционного контроля параметров / Г.Я. Карапетьян, В.Ф. Катаев // *Технология и конструирование в электронной аппаратуре*. – 2006. – № 5. – С. 53–54.
4. 3D Scanning and Sensing Technique for the Detection and Remote Reading of a Passive Temperature Sensor // *HAL archives-ouvertes.fr* [Electronic resource]. – 2016. – Режим доступа : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01396836>.