

УДК 621.311

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ТЕРМОДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Мешкова А.Н., Калинин А.Н., Ломец Ю.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Пономаренко Е.Г.

Тепловой контроль является современным направлением в диагностике электрооборудования, основанный на измерении, анализе и мониторинге температуры объектов.

Термографический контроль (инфракрасная термография) – это разновидность теплового метода неразрушающего контроля, который осуществляется исследованием теплового излучения объектов [1]. В тепловых методах неразрушающего контроля используется тепловая энергия, распространяющаяся в объекте контроля. Температурное поле поверхности объекта является источником информации об особенностях процесса теплопередачи, которое в свою очередь зависит от внутренних или наружных дефектов.

Различают контактные и бесконтактные приборы теплового контроля. К контактными приборам теплового контроля относят: термопары, металлические и полупроводниковые сопротивления, термоиндикаторы, термокарандаши, манометрические и жидкостные термометры. Бесконтактными приборами теплового контроля являются: тепловизоры, пирометры, термографы, квантовые счетчики и др.

Портативные пирометры позволяют оперативно провести измерение температуры в локальных точках механического и электрического оборудования на неподвижных, удаленных и вращающихся деталях [2].

Работа пирометра заключается в идентификации тепловых волн, излучающихся от нагреваемой поверхности. Действие пирометров излучения основано на фотоэлектрической, визуальной и фотографической регистрации интенсивности теплового излучения нагретых тел, пропорционального их температуре. Пирометры имеют объектив для фокусировки излучения, фотодетектор, светофильтры и блок электронной обработки сигнала. При контроле температуры объектов в труднодоступных полостях применяют пирометры в сочетании с волоконно-оптическими световодами.

Основным преимуществом пирометров является получение недоступной ранее информации о температуре деталей и узлов. В области электрического оборудования – контроль температуры контактов и элементов схем управления. Нередко пирометрами пользуются в сфере электроэнергетике для измерения элементов в распределительных щитах, трансформаторах, кабелей и контактных соединений.

Одной из разновидностей пирометров являются тепловизоры, которые работают по принципу сравнения спектра излучения тепла с образцовым спектром.

Тепловизоры являются оптико-электронными приборами, состоящими из детектора излучения (ИК-приемника), сканера, встроенного эталона

температуры, электронного блока, монитора, программного продукта, блока питания или аккумуляторной батареи. Кроме того, тепловизионные системы могут включать в себя карту памяти, для записи и хранения информации, а также встроенную фотокамеру [3].

Тепловизионное обследование электрооборудования любого уровня напряжения является одним из наиболее эффективных методов диагностики с точки зрения таких показателей как:

– Скорость проведения измерений. Тепловизионное обследование не требует большого времени на его проведение. Для определения состояния оборудования такого как разъединитель потребуется несколько секунд.

– Простота. Тепловизионная диагностика не требует отключения электрооборудования, не требует большого количества организационных и технических мероприятий. Современные тепловизоры очень просты и удобны в эксплуатации, при этом набор встроенных инструментов для анализа позволяет в отдельных случаях производить диагностику прямо на объекте.

– Доступность. Современные тепловизоры являются доступными и недорогими, благодаря этому тепловизором может быть оснащен любой энергообъект.

Основным достоинством тепловизионного обследования является получение данных о неисправности без отключения оборудования, при этом многие виды дефектов проявляются в виде нагрева (или его отсутствия) нагруженном оборудовании. Обычно для определения таких дефектов требуется проводить сложные электрические испытания, которые связаны с отключением оборудования и организационно-техническими мероприятиями, которые связаны с допуском бригады на испытания.

Кроме перегрева контактов и проводников, тепловизор для электрооборудования позволяет фиксировать:

- повышенный нагрев фарфоровых покрышек;
- дефекты (негерметичность) вводов автотрансформаторов;
- аномальное функционирование баковых масляных выключателей;
- распределение напряжения по элементам разрядников.

Также тепловизор для электрооборудования позволяет дистанционно контролировать уровень масла в баках масляных радиаторов, регистрировать перегрев подшипников электрических машин и т. п.

Повысить эффективность и сократить временные затраты на проверки позволит тепловизор для электрооборудования с функцией температурной сигнализации. Для этого устанавливается верхний предел срабатывания на максимально допустимую температуру нагрева проводников или контактных элементов, и прибор сам подает сигнал тревоги, когда в поле его видимости попадет проблемный участок. Такой режим работы позволит сэкономить время на снятии численных показаний и сравнении их с эталоном. Для работы на объектах, где присутствует высокое напряжение, а также для проверки состояния высоковольтных линий электропередач лучше всего подходят профессиональные тепловизоры с высоким разрешением ИК-датчика, оснащенные телеобъективом. Такие приборы обеспечивают эффективный

дистанционный контроль, позволяя выполнять тепловизионную съемку с больших расстояний.

Одним из типов беспроводного мониторинга с использованием радиотехнологий являются датчики дистанционного контроля температуры [4].

Акустоэлектронный датчик (рисунок 1) представляет собой линию задержки (ЛЗ) на поверхностных акустических волнах (ПАВ), содержащую встречно-штыревой преобразователь (ВШП), соединенный с антенной, и отражательный ВШП, соединенный с нагрузкой Z , величина которой зависит от контролируемого параметра [5]. На торцах ЛЗ нанесены акустопоглотители для подавления отраженных от краев подложки ПАВ.

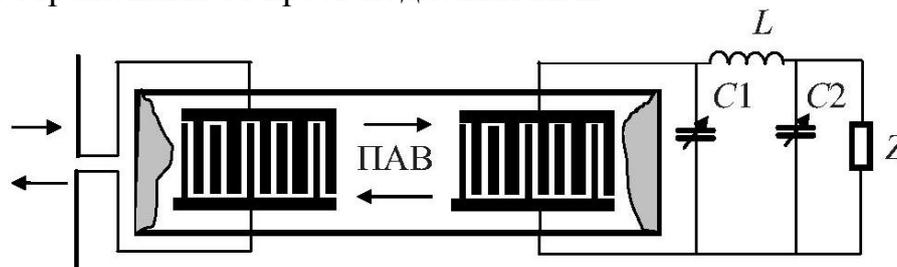


Рисунок 1 – Схема пассивного акустоэлектронного датчика на ПАВ

Преимущества ПАВ технологии для контроля температуры:

- мониторинг токоведущих элементов;
- автоматизация и отсутствие человеческого фактора;
- интеграция в промышленные сети и интернет;
- беспроводной контроль токоведущих узлов;
- непрерывный контроль узлов под напряжением;
- длительный срок службы, без обслуживания.

Основной недостаток таких датчиков – невозможность дистанционного контроля температуры вне видимости объекта контроля.

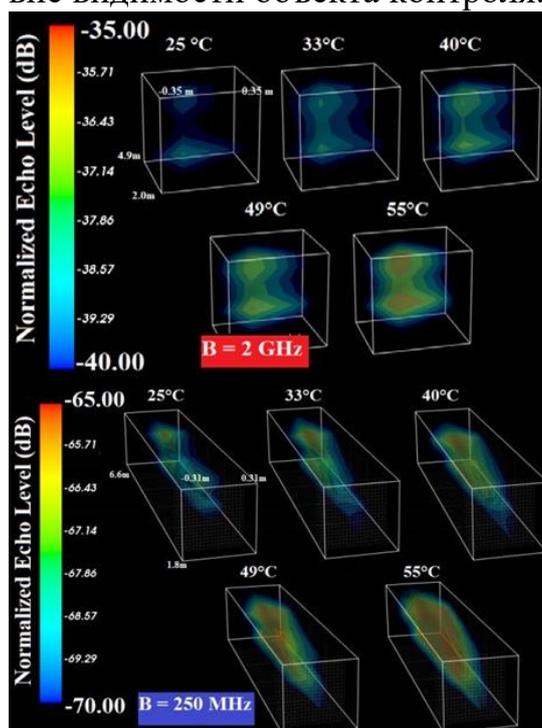


Рисунок 2 – Трехмерное представление изоповерхностей

Существует ещё одна методика обнаружения и дистанционного считывания пассивных датчиков температуры [6]. Этот метод основан на трехмерном сканировании луча, выполняемом радиолокатором непрерывного излучения с частотной модуляцией (FMCW) для измерения уровня эхо-сигналов датчиков. Несущая частота составляет 24 ГГц, исследуются две полосы частотной модуляции (2 ГГц и 250 МГц). Колебания измеренного уровня эхо-сигнала анализируются с использованием соответствующих методов оценки, а полученное изменение температуры отображается с использованием удобного трехмерного представления изоповерхностей (рисунок 2).

Литература

1. Контроль и диагностика тепломеханического оборудования ТЭС [Электронный ресурс] : учебно-методический комплекс для студентов специальностей: 1-43 01 04 «Тепловые электрические станции», 1-53 01 04 «Автоматизация и управление теплоэнергетическими процессами» / БНТУ, Кафедра «Тепловые электрические станции» ; сост. : А.Г. Герасимова, С.А. Качан. – Минск : БНТУ, 2017. – 189 с.
2. Электросам.Ру [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://electrosam.ru/glavnaja/slabotochnye-seti/oborudovanie/pirometry/>. – Дата доступа : 24.05.2020.
3. СвязьКомплект [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://skomplekt.com/teplovizionnyj-kontrol-ehlektrooborudovaniya/>. – Дата доступа : 24.05.2020.
4. Schuster, S. Performance evaluation of algorithms for SAW-based temperature measurement / S. Schuster, S. Scheibelhofer, L. Reindl, A. Stelzer // IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control. – 2006 – Volume 53 – Issue 6 – Pp. 1177–1185.
5. 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.
6. 3D Scanning and Sensing Technique for the Detection and Remote Reading of a Passive Temperature Sensor // HAL archives-ouvertes.fr [Electronic resource]. – 2016. – Mode of access : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01396836/>. – Date of access : 25.05.2020.