

Автоматизированная система круглосуточной тепловизионной диагностики высоковольтного оборудования



Тепловизионный контроль позволяет получить визуальное изображение распределения теплового поля по поверхности объекта и увидеть конкретный дефектный элемент. Тепловизор в реальном времени проводит бесконтактные температурные измерения поверхности объекта. Тепловизионный контроль ранее проводился только в ручном режиме. Отечественными предприятиями разработана и внедрена на объектах энергетики автоматизированная система круглосуточного тепловизионного контроля, позволяющая в режиме реального времени на ранних стадиях обнаруживать возникновение дефектов и своевременно предотвращать аварии.

Тепловизионные камеры успели зарекомендовать себя с положительной стороны — это надёжное, практичное и удобное в использовании оборудование. Такие промышленные приборы обладают широкими возможностями без каких-либо компромиссов. Благодаря прочным корпусам и защищённым дисплеям эти приборы смогут работать даже в суровых природных условиях, некоторые модели влагонепроницаемы и в ударопрочном исполнении. Тепловизоры могут показывать в реальном времени картину распределения тепловых полей по поверхности исследуемого объекта с точностью до сотых долей градуса Цельсия. Перегрев электродвигателей, трансформаторов, силовых линий, утечки газа, различные испарения — всё это будет видно на экране прибора как на ладони. Контроль при полной нагрузке рабочих параметров даёт возможность заблаговременно выявить дефекты, пока они не привели к более тяжким последствиям. Дальнейшие шаги развития тепловизионной диагностики применительно к электроэнергетике направлены на переход к автоматизированным системам контроля и анализа состояния оборудования. Приведено описание отечественной системы тепловизионной диагностики высоковольтного оборудования силовых подстанций (автоматизированная система круглосуточной тепловизионной диагностики электротехнического оборудования разработки АО «ОКБ «Астрон»). Отмечается техническая возможность

аналитического предсказания критических сроков вывода оборудования в ремонт, что позволит сократить время ремонта и риски недоотпуска.

С развитием техники визуализации инфракрасного (ИК) излу-

чения появляется возможность контролировать нагрев основной изоляции, токопроводящих элементов и контактных соединений электрооборудования без снятия напряжения.

Тепловизионный метод контроля основан на том, что любые процессы в природе и человеческой деятельности сопровождаются поглощением и выделением энергии, изменяя внутреннюю энергию тела, которая в состоянии термодинамического равновесия пропорциональна температуре вещества. В результате поверхности физических тел приобретают специфическое температурное распределение. В основу принципа действия тепловизионных приборов положено двумерное преобразование собственного теплового излучения от объектов в видимое изображение. Тепловизионная техника обладает рядом достоинств и присущих только ей возможностей: обнаружение удалённых теплоизлучающих объектов независимо от уровня естественной освещённости, а также, до определённой степени, тепловых или других помех (дыма, дождя, тумана, снега, пыли и т. п.). Известно, что в ИК-диапазоне сосредоточена основная доля собственного

**ВСТРОЕННАЯ
В СИСТЕМУ
ТЕРМОАНАЛИТИКА
ПОЗВОЛЯЕТ
В РЕЖИМЕ
РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ
ПРОВОДИТЬ
МОНИТОРИНГ
ВСЕХ ТИПОВ
ОБОРУДОВАНИЯ ПО
ИНДИВИДУАЛЬНЫМ
АЛГОРИТМАМ,
СООТВЕТСТВУЮЩИМ
ГРУППАМ
ОБОРУДОВАНИЯ,
СОГЛАСНО
РД 153–34.0–20.363–99.**

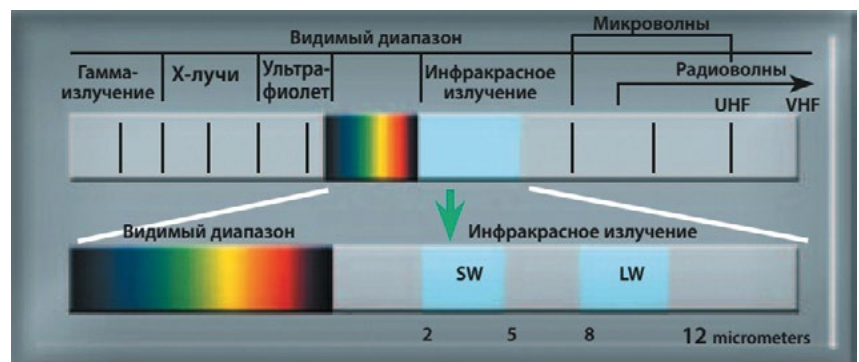


Рисунок 1. Диапазоны электромагнитного излучения

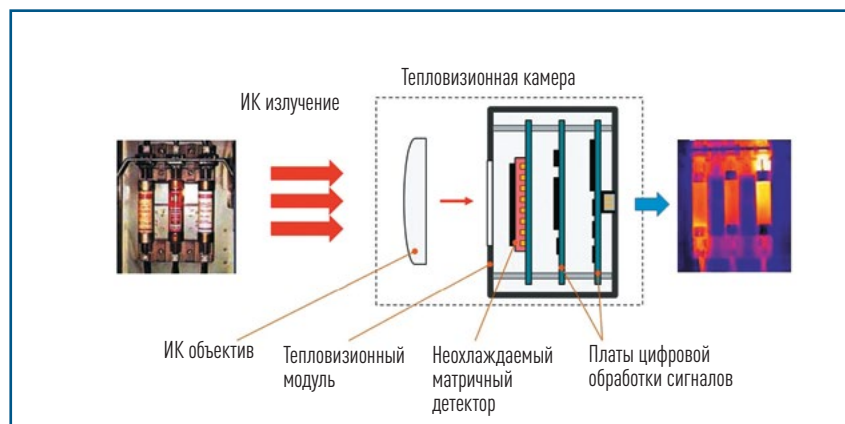


Рисунок 2. Структурная схема преобразования ИК изображения объекта в видимую картину

электромагнитного излучения большинства окружающих человека объектов естественного и искусственного происхождения. ИК-диапазон охватывает длины волн от 0,76 до 1000 мкм (рис. 1). Особый интерес вызывает диапазон 7–14 мкм, совпадающий с окном прозрачности атмосферы и соответствующий максимальной излучательной способности наблюдаемых объектов в температурном диапазоне от –50 до +500 °С.

Характер температурного поля может точно показать специфику нарушения состояния исследуемого объекта (рис. 2) и позволит принять необходимые меры по предотвращению неисправностей. Тепловизионный контроль позволяет получить визуальное изображение распределения теплового поля по поверхности объекта и сразу увидеть конкретный дефектный элемент [1].

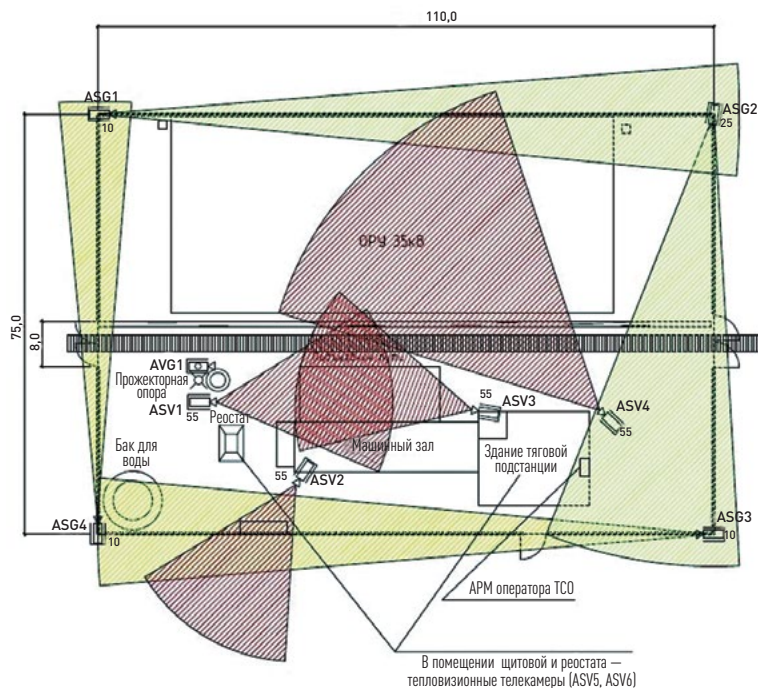
ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕПЛОВИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ

Электроэнергетики имеют многолетний опыт использования малогабаритной носимой

тепловизионной аппаратуры, который показал преимущества и точность данного метода диагностики [2].

Тепловизионный контроль производится на работающем оборудовании, т.е. под нагрузкой и напряжением. Результаты обследования в таком состоянии являются более достоверными, чем результаты обследований после снятия нагрузки и напряжения.

Мониторинг осуществляется автоматически средствами видеонаблюдения, встроенными в систему интеллектуального анализа распределения температурных полей (термоаналитика).



10, 25, 55 – углы обзора телекамер (тепловизионных), градусов

ASG – телекамера IP-2130 (в термокужухе)

ASV – тепловизионная камера ASTRON-TA

AVG – поворотная телекамера

Рисунок 3. Схема расположения тепловизоров АСТРОН-TA на типовом объекте

Поскольку тепловизионный контроль проводится без отключения оборудования и в любое время, тепловизионное обследование не мешает предприятию выполнять производственную задачу. Также важно, что повреждения выявляются на работающем оборудовании на ранней стадии развития дефекта, таким образом, имеется запас времени для подготовки вывода оборудования в ремонт, не отключая электроустановку и сокращая время ремонта [2].

Иными словами, тепловизионный контроль в условиях эксплуатации по фактическому состоянию электротехнического оборудования является единственным наиболее информативным и точным средством мониторинга оборудования во время его работы. Это позволяет сократить объем, продолжительность и стоимость ремонтных работ, увеличить межремонтные сроки и повысить надёжность работы оборудования.



Рисунок 4. Пример расположения тепловизионных модулей АСТРОН-ТА в автоматизированной системе круглосуточной тепловизионной диагностики

**ТЕПЛОВИЗИОННЫЙ
КОНТРОЛЬ ПРОВОДИТСЯ БЕЗ ОТКЛЮЧЕНИЯ
ОБОРУДОВАНИЯ И НЕ МЕШАЕТ
ПРЕДПРИЯТИЮ ВЫПОЛНЯТЬ
ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ ЗАДАЧУ.**

ОТЕЧЕСТВЕННАЯ СИСТЕМА ТЕПЛОВИЗИОННОГО МОНИТОРИНГА

Данные задачи возможно решить при помощи автоматизированной системы круглосуточной тепловизионной диагностики электротехнического оборудования, изготавливаемой отечественным производителем АО «ОКБ «АСТРОН». Система выпускается на основе серийно произво-

Таблица 1. Основные параметры и условия эксплуатации автоматизированной системы круглосуточной тепловизионной диагностики

Условия эксплуатации	УХЛ 1 или ЭХЛ 1 по ГОСТ 15150
Источник питания, В	AC 220±20 %, AC 24±20 %
Частота сети, Гц	50
Спектральный диапазон измерения, мкм	7–14
Размер пикселя, мкм	17
Защищённость	IP67
Мощность системы, Вт	Максимум 30 Вт, в момент включения; максимум 12 Вт в режиме нагрева/охлаждения; максимум 6 Вт, без нагрева/охлаждения
Номинальное выдерживаемое напряжение изоляции, В	3000
Импульсный ток, кА	До 20
Требование по стойкости изоляции блоков питания	Согласно ГОСТ Р50571.19–2000
Габаритные размеры	330×230×180 мм без бленды, 330×300×180 мм с блендой

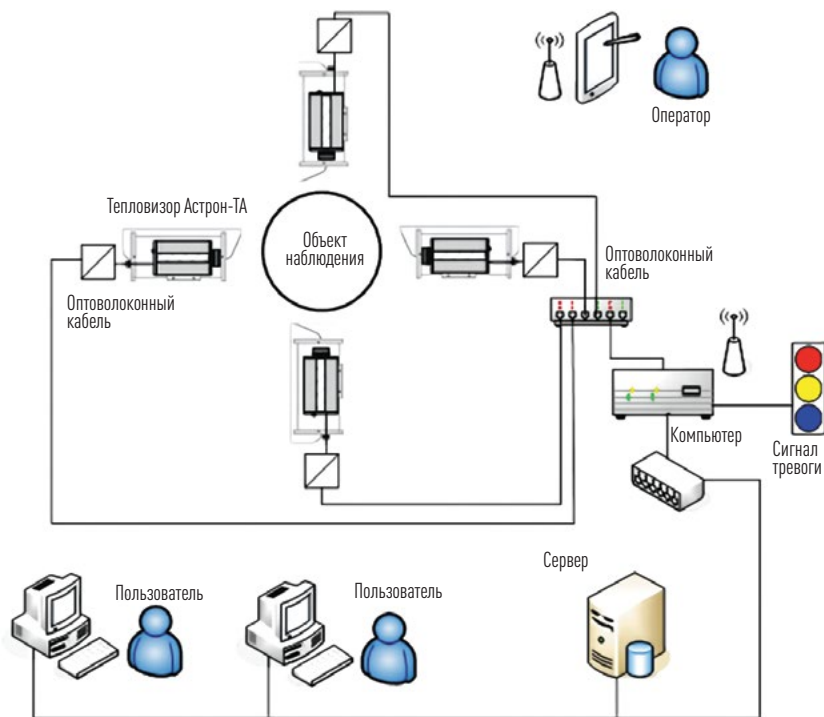


Рисунок 5. Структурная схема автоматизированной системы тепловизионного контроля, изготовленной АО «ОКБ «АСТРОН»

димых тепловизионных модулей марки АСТРОН-ТА. Автоматизированная система круглосуточной тепловизионной диагностики АО «ОКБ «АСТРОН» состоит из:

- тепловизионных модулей с аналитической системой обработки температурных полей;
- датчиков (температуры, влажности, скорости ветра и др.);
- оптоволоконной линии передачи сигнала;
- сервера хранения и обработки данных;
- автоматизированного рабочего места пользователя.

Модуль является блоком полной заводской готовности, и специально разработан для работы в жёстких условиях. Разработаны также типовые схемы размещения системы на реальных объектах (рис. 3, 4).

**ПРИМЕНЕНИЕ
КРУГЛОСУТОЧНОГО
ТЕМПЕРАТУРНОГО
МОНИТОРИНГА
С УЧЁТОМ ВОЗМОЖНОСТИ
ПОЛУЧЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ
ИНФОРМАЦИИ ИЗ ВНЕШНИХ
СИСТЕМ ПОЗВОЛЯЕТ
СВОЕВРЕМЕННО
ОПРЕДЕЛЯТЬ
МОМЕНТ ВОЗНИКНОВЕНИЯ
ДЕФЕКТА И ДИНАМИКУ ЕГО
РАЗВИТИЯ.**

ВСТРОЕННАЯ АНАЛИТИКА

Работа автоматизированной системы, изготовленной АО «ОКБ «АСТРОН», осуществляется с помощью специализированного программного обеспечения, поддерживающего одновременную стабильную круглосуточную работу нескольких тепловизионных камер, запись полученной информации в видеоформате и его обработку в реальном времени, а также возможность интеграции с внешними устройствами. Всё оборудование, попадающее в поле зрения модуля системы, идентифицируется. Ему могут быть присвоены дополнительные идентификационные номера (ID), соответствующие ID модели базы оборудования АСУ ТП или/и иных систем. Последнее позволяет провести при необходимости интеграцию с внешними информационными системами. Мониторинг осуществляется автоматически средствами видеонаблюдения, встроенными в систему интеллектуального анализа распределения температурных полей (термоаналитика). На основании полученных данных с тепловизионных полей система сравнивает показатели с заданными параметрами и в случае превышения показателей выдает сигнал тревоги в систему сбора и обработки информации. Сигнал тревоги по системе передачи данных (оптоволоконным линиям связи) передаётся на существующий сервер для записи, а также отображает сигнал тревоги в АРМ с выводом на экран термограммы проблемного объекта (рис. 5).

ОСОБЕННОСТИ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

При проведении тепловизионного обследования электрообору-

дования существенное значение имеет выявление и устранение систематических и случайных погрешностей, оказывающих влияние на результаты измерения. Ими могут являться воздействие солнечной радиации, форма излучательной поверхности оборудования, ветер, тепловая инерция, дождь или снег, магнитные поля и др. Применение круглосуточно-го мониторинга с учётом возможности получения дополнительной информации от собственных датчиков и из внешних систем позволяет нивелировать эти погрешности и, следовательно, более точно определять момент возникновения дефекта и динамику его развития.

Встроенная в систему термоаналитика позволяет проводить мониторинг всех типов оборудования по индивидуальным алгоритмам, соответствующим группам оборудования, согласно РД 153–34.0–20.363–99 [1]. Чувствительность тепловизора и качество изображения позволяют локализовать очаг нагрева с шагом до 0,1 °С, осуществлять тепловизионные измерения электрооборудования при различных значениях протекающих токов нагрузки, при этом условия измерений различаются по температуре окружающей среды, скорости ветра, габаритах объектов и т. п.

Вся обработка гибко настраиваемых тревог, будь то достижение определенных значений или рост температуры в зависимости от времени для заранее прописанных зон контроля, осуществляется сервером, а полученные сигналы могут использоваться как для локальных оповещений, так и для передачи сигналов в Систему управления производственными

активами (СУПА), для учёта при планировании ремонтов [3, 4].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возможность установки тепловизионного оборудования для круглосуточного контроля энергетического оборудования является существенным шагом бесперебойного и безаварийного электро-снабжения.

Применение отечественной системы автоматической сигнализации АСТРОН-ТА на основе круглосуточного тепловизионного наблюдения позволит диагностировать проблемы на ранних стадиях их возникновения и определять скорость развития дефекта до критической величины, снизит рутинную нагрузку на персонал при обработке данных диагностики, а также субъективность принятия решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. РД 153–34.0–20.363–99 «Методика инфракрасной диагностики электрооборудования и ВЛ». — М., 1999.
2. Поляков В. С. Применение тепловизионных приемников для выявления дефектов высоковольтного оборудования/Методические указания по контролю оборудования тепловизорами. — Л.: ЛИПКЭн, 1990.
3. Старцев В. В. АО «ОКБ «Астрон» представляет первые отечественные тепловизионные матричные детекторы//Национальная оборона. — 2017. — № 8. — С. 60.
4. www.astrohn.ru